





ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXXV.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

FÜNF UND ACHTZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND EIN UND SECHSZIGSTER.

NEBST VIER KUPFERTAFELN.



LEIPZIG, 1852.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

FÜNF UND ZWANZIGSTER BAND.

NEBST VIER KUPFERTAFELN

LEIPZIG, 1852.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Bandes LXXXV der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

(*Geschlossen am* 12. *Februar* 1852.)

Zweites Stück.

(*Geschlossen am* 8. *März* 1852.)

Drittes Stück.

Viertes Stück.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Afsmann, Fig. 1 und 2, S. 30; Fig. 3, S. 31. — Sondhaufs, Fig. 4, 5, 6 und 7, S. 60; Fig. 8, S. 61; Fig. 9, S. 62; Fig. 10, S. 380; Fig. 11, S. 381. — G. Sandberger, Fig. 12, S. 98. — Emsmann, Fig. 13, S. 100; Fig. 14, S. 106. — Haidinger, Fig. 15 und 16, S. 352; Fig. 17, S. 353; Fig. 18, S. 355; Fig. 19 und 20 S. 359.

Taf. II. — H. Meyer, Fig. 1, S. 206. — Edlund, Fig. 2, S. 211. — Heintz, Fig. 3 und 4, S. 266; Fig. 5, S. 429; Fig. 6, S. 430. — Fig. 7 bis 11 gehören zu einem Aufsatz von A. F. Svanberg, der im nächsten Bande erscheinen wird.

Taf. III. — Fliedner, Fig. 1 und 2, S. 322; Fig. 3, S. 324; Fig. 4, 5, 6 und 7, S. 328; Fig. 8, S. 331; Fig. 9, S. 332; Fig. 10, S. 333; Fig. 11 und 12, S. 334; Fig. 13, 14, 15 und 16, S. 336; Fig. 17, S. 342. — Kokscharow, Fig. 18 und 18*b*, S. 531; Fig. 19, S. 529; Fig. 20, S. 523; Fig. 21, S. 523; Fig. 22, S. 523.

Taf. IV. — Lamont, Fig. 1, S. 494; Fig. 2, S. 497. — Rammelsberg, Fig. 3 und 4 S. 550. — Fig. 5 bis 11 gehören zu einem Aufsatz von Senarmont, der im nächsten Bande erscheinen wird.

Berichtigung.

Zum Aufsatz von W. Heintz, Heft II.

S. 278 Z. 7 l. 0,0012609 st. 0,0012566.

1852. ANNALEN №. 1.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXV.

I. *Ueber Erwärmung und Erkaltung von Gasen durch plötzliche Volumänderung;*

von C. Aſsmann.

Man wuſste schon lange, daſs Luft durch rasche Compression erwärmt, durch rasche Dilatation erkaltet wird, und daſs somit bei plötzlichen Volumänderungen die Elasticität der Luft sich in einem rascheren Verhältniſs ändert als die Dichtigkeit; über das Quantitative dieser Erscheinung wuſste man jedoch, bei der Schwierigkeit direct messender Versuche, noch gar nichts, bis eine glückliche Inspiration Laplace die Bestimmung dieses Erwärmungscoëfficienten auf einem ganz andern Gebiete der Physik finden lieſs.

Laplace leitete denselben nämlich aus der Schallgeschwindigkeit in der Luft ab, und diese seine Bestimmungsmethode ist noch bis jetzt die genaueste geblieben.

Newton war der Erste, der die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls der Rechnung unterwarf; er fand die Formel

$$v = \sqrt{gh}$$

worin v die Schallgeschwindigkeit, g die Acceleration der Schwere $= 9{,}8088$ Meter in der Sekunde, h die Höhe der auf die Dichtigkeit der Luft, worin die Fortpflanzung geschieht, reducirten Atmosphäre $= 7954{,}8$ Meter bei 0°. Es variirt diese Höhe nämlich nur mit der Temperatur, da eine Aenderung der Dichte ohne Temperaturänderung eine proportionale Aenderung des Drucks, also keine Veränderung der Höhe dieser Luftsäule hervorbringen würde.

Man findet nach dieser Formel $v = 279{,}33$ Meter in der Sekunde bei 0° der Temperatur, welcher Werth jedoch

nur $\frac{5}{6}$ von der wirklich beobachteten Schallgeschwindigkeit beträgt.

Die Art, wie Newton zu seiner Formel gelangte, obgleich indirect und bei dem damaligen Stand der Analyse weitläufig, wird von Lagrange und von Laplace als einer der merkwürdigsten Züge seines Genie's bezeichnet.

Lagrange kam nach ihm auf einem directen und strengen Wege zu demselben Resultat, wufste jedoch eben so wenig wie Newton über diese Nichtübereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung Rechenschaft zu geben.

Bei der Rechnung lag die physikalische Annahme zu Grunde, dafs bei den, durch die Fortpflanzung eines Impulses in der Luft erzeugten, sehr kleinen Verdichtungen und Verdünnungen die Elasticität nach dem Mariotte'schen Gesetze sich proportional der Dichtigkeit ändere; auch hat schon Lagrange nachgewiesen, dafs, wenn man eine raschere Aenderung der Elasticität annehmen dürfte und zwar porportional der Dichtigkeitsänderung, zur Potenz $\frac{4}{3}$ erhoben, man die Rechnung mit der Erfahrung in Einklang bringen könne, ohne jedoch irgend einen physikalischen Grund zu einer solchen Annahme finden zu können.

Laplace blieb es vorbehalten, zu zeigen, dafs die Erwärmung, die jede plötzliche Verdichtung begleitet, so wie die Erkaltung bei jeder Verdünnung der Luft, eben dieser Grund ist.

Unter Berücksichtigung dieser Eigenschaft der Luft findet man die Formel für die Schallgeschwindigkeit

$$v = \sqrt{\mu g h}$$

wo μ ein constanter Factor ist, auf dessen Bedeutung ich sogleich näher eingehen werde.

Ich will hier kurz eine Entwicklung dieser Formel geben, die mir sehr einfach und strenge zu seyn scheint, und die zugleich deutlich erkennen läfst, was diese Theorie noch zu wünschen übrig läfst.

Wenn sich ein Schall in der Luft oder irgend einem anderen elastischen Medium fortpflanzt, so geschieht diefs

auf die Weise, dafs die ersten Lufttheilchen durch einen vibrirenden (schallenden) Körper oder durch den Impuls einer Explosion auf die benachbarten Theilchen hingetrieben werden, dieselben in Bewegung setzen und zugleich comprimiren, wodurch diese dann wieder auf folgende Theilchen bewegend und verdichtend, auf vorhergehende dagegen verzögernd, einwirken; so schreitet die Verdichtung vorwärts, vor sich ruhende Theilchen in Bewegung setzend, hinter sich bewegte zur Ruhe bringend. Erlitten die ersten Theilchen statt eines Stofses einen Zug, so schreitet eine Verdünnung der Luft von hier aus fort, und sind es abwechselnd Stöfse und Züge auf die ersten Lufttheilchen (wie bei einem vibrirenden Köper), so gehen abwechselnd Verdichtungen und Verdünnungen fortschreitend auf alle hinter einander gelegenen Luftschichten über, dieselben vor- und rückwärts treibend, ohne dabei ihre mittlere Lage zu ändern.

Eine solche Uebertragung von Oscillationen auf andere Theilchen wird Wellenbewegung genannt; Wellenlänge heifst die Entfernung zweier Theilchen in der Richtung der Fortpflanzung, die gleichzeitig in derselben Phase ihrer Bewegung begriffen sind, und ist somit der Weg, um den sich der Schall während einer Vibration des tönenden Körpers fortpflanzt. Diese Wellenlänge bedingt die Höhe des Tons, das Gesetz, nach dem die Aufeinanderfolge der einzelnen Phasen sich richtet; die Form der Wellencurve dagegen bedingt wahrscheinlich den Klang des Tons. Bei einem nach allen Seiten gleich elastischen Medium, wie die Luft, braucht man nur die Impulse zu betrachten, die radial auf einander folgende Theilchen von einander erfahren, da die Seitenwirkungen sich unter einander aufheben.

Ein solcher Schallstrahl ist eigentlich ein Kugelsector, der seine Spitze im Schall erregenden Mittelpunkt hat; es nehmen daher die Theilchen, die von demselben Impuls bewegt werden, wie das Quadrat der Entfernung von diesem Mittelpunkt zu, während die Schwingungsintensität in demselben Verhältnifs abnimmt.

Betrachtet man die Fortpflanzung eines Impulses in sehr grofser Entfernung vom erregenden Mittelpunkt, so hat man die Verdichtungen und Verdünnungen der Luft als sehr klein anzusehen und darf die Querschnittsänderung des Schallstrahls, daher auch die Aenderung der Schwingungsintensität, von einem Element zum folgenden vernachlässigen.

Nur unter diesen Einschränkungen hat man bisher das Gesetz der Schallfortpflanzung entwickeln können.

Diese Erörterungen vorausgeschickt, heifse x der Abstand eines Theilchens in der Ruhelage vom erregenden Mittelpunkt, den ich zum Anfangspunkt der Abcissen wähle, dx sey der Abstand des nächsten Elementes in der Ruhelage, daher auch der Ausdruck des Volumen eines Elements, wenn man den Querschitt $=1$ setzt; y sey der Abstand desselben Elementes vom erregenden Mittelpunkt in irgend einem Augenblicke der Bewegung (die ich hier als sich vom Mittelpunkt beschleunigt entfernend annehmen will), daher $\frac{dy}{dx}dx$ das Volum des Elements in diesem Augenblick der Bewegung; bezeichnet endlich t die Zeit und ist dt das Zeittheilchen, in dem sich eine Bewegungsphase um dx fortpflanzt, daher $\frac{dx}{dt}$ die Schallgeschwindigkeit, so kommt ein Element nach Verlauf von dt in dieselbe Entfernung von seiner Gleichgewichtslage, in der sich das vorhergehende Element augenblicklich befindet, wird also dann um dx weiter vom Mittelpunkt entfernt seyn als letzteres jetzt; y ist eine uns unbekannte Function von x und t, aber die Variation von y, durch die gleichzeitige Aenderung von x und t ist $=dx$

$$\frac{dy}{dx}dx+\frac{dy}{dt}dt=dx.$$

Durch Differentiation erhält man hieraus die beiden Gleichungen:

$$\frac{d^2y}{dx^2}dx^2+\frac{d^2y}{dx\,.\,dt}dx\,.\,dt=0$$

$$\frac{d^2y}{dx\,.\,dt}dx\,.\,dt+\frac{d^2y}{dt^2}dt^2=0$$

und aus diesen durch Subtraction, unter Berücksichtigung, dafs $v=\frac{dx}{dt}$

$$a)\qquad \frac{d^2y}{dx^2}v^2=\frac{d^2y}{dt^2}.$$

Nennt man nun p die Elasticität, ϱ die Dichte des Theilchens in dem betrachteten Augenblick seiner Bewegung, daher $\varrho\frac{dy}{dx}dx$ die Masse des Elements, so hat man als Ausdruck der accelerirenden Kraft

$$b)\qquad \frac{d^2y}{dt^2}=-\frac{dp}{\varrho\frac{dy}{dx}dx}$$

Fände bei der Verdichtung keine Erwärmung statt, so wäre nach dem Mariotte'schen Gesetz:

$$\frac{dp}{p}=\frac{d\varrho}{\varrho}.$$

Da aber bei plötzlicher Volumänderung die Elasticität stärker wächst als die Dichte, so hat man

$$\frac{dp}{p}=\mu\frac{d\varrho}{\varrho},$$

wo μ ein Coëfficient, dessen etwaige Abhängigkeit von Dichte und Temperatur der Luft vorläufig unentschieden bleibt.

Da die Dichte wächst, wie das Volum abnimmt, so ist

$$\frac{d\varrho}{\varrho}=-\frac{\frac{d^2y}{dx^2}dx^2}{\frac{dy}{dx}dx}$$

folglich

$$dp=-\mu p\frac{\frac{d^2y}{dx^2}dx^2}{\frac{dy}{dx}dx}.$$

Wird dieser Werth in die Formel (b) eingeführt, so folgt, unter Berücksichtigung der Gleichung (a)

$$v^2=\frac{\mu p}{\varrho}:\left(\frac{dy}{dx}\right)^2.$$

Da die Verdichtung als sehr klein angenommen wurde, kann man $\frac{dy}{dx}=1$ setzen und p, ϱ für die Elasticität und Dichte in der Ruhelage annehmen; setzt man nun noch $p=h\varrho g$, wo h die Höhe der Luftsäule von der Dichte ϱ und dem Druck p, und g die Acceleration der Schwere bedeutet, so erhält man schliefslich

$$v=\sqrt{\mu g h}.$$

Man sieht zugleich, dafs, wenn die Schallintensität zu grofs ist, um in der Endformel diese Vernachläfsigungen zu gestatten, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Verdichtungsphasen gröfser, die der Verdünnungsphasen kleiner ausfallen mufs; hieraus mufs eine beständige Aenderung der Wellencurve resultiren, die erst bei sehr geringer Schallintensität verschwindend klein wird; es betrifft diese Aenderung vielleicht auch die Wellenlänge, wofür die Thatsache spricht, dafs jeder Knall in der Entfernung den Eindruck eines tieferen Tons macht, als in der Nähe.

Wie dem auch sey, die Erfahrung lehrt, dafs hinsichtlich der Schallgeschwindigkeit keine merklichen Unterschiede stattfinden, je nach der verschiedenen Stärke des Schalls oder der Entfernung, auf die hin man seine Fortpflanzung beobachtet. Deshalb kann man die gefundene Formel ohne Weiteres auf die Zeit der Schallfortpflanzung von der Schall erregenden Ursache an bis zu dem Orte des Beobachters anwenden.

Die genauesten Versuche über die Schallgeschwindigkeit in der Luft sind die der holländischen Physiker Moll, van Beek und Kuytenbrouwer (Pogg. Ann. V., 351 469). Als das Mittel aus allen ihren zahlreichen Versuchen, die sehr gut unter einander übereinstimmen, geben sie die Schallgeschwindigkeit bei 0° und absoluter Trockenheit der Luft:

$$v=332^{m},05 \text{ in der Sekunde,}$$

wobei die Correction der Luftfeuchtigkeit unter der An-

nahme geschah, dafs μ für Wassergas denselben Werth habe, wie für atmosphärische Luft.

Der Werth von μ berechnet sich hiernach $= 1,413$.

Dulong giebt den Werth von $\mu = 1,421$ als aus der Schallgeschwindigkeit berechnet, einen Werth, der auch aus den Versuchen der holländischen Physiker folgen würde, wenn man die durch das Wassergas verminderte Dichte der Luft nicht mit in Rechnung zöge.

Der Werth $\mu = 1,413$ kommt dem Werthe von $\sqrt{2} = 1,414..$ so nahe, dafs, wenn anders μ eine Constante ist, hierin vielleicht irgend eine einfache Beziehung liegt.

Ich habe bei dieser Entwickelung, wie man sieht, nicht nöthig gehabt, irgend eine Hypothese über das Gesetz der Elasticitätsänderung bei plötzlicher Volumänderung in die Rechnung einzuführen. Wie auch die eine von der anderen abhängen möge: für die betrachtete differentielle Aenderung kann diese Abhängigkeit jedenfalls durch einen Factor μ ausgedrückt werden. Die beobachtete Schallgeschwindigkeit wird den Werth von μ zunächst nur für den bestimmten barometrischen Druck und die Temperatur, wobei die Beobachtung gemacht wurde, geben, und es bleibt ferneren Versuchen vorbehalten, die Unveränderlichkeit oder Veränderlichkeit von μ, je nach Druck und Temperatur festzustellen.

Laplace dagegen hat in seiner Rechnung einen Factor, der nicht, wie hier μ, der unmittelbare Ausdruck jener stärkeren Elasticitätsänderung ist.

Dieser Factor, den ich μ genannt, ist bei Laplace $\frac{c}{c_1}$, nämlich das Verhältnifs der Wärmecapacität bei constantem Druck zu der Wärmecapacität bei costantem Volum, und zwar ist $\frac{c}{c_1}$ eine constante Gröfse.

In diesem Theorem $\frac{c}{c_1} = C$ ist aber, wofern man den Gröfsen c, c_1 nicht eine ganz specielle Bedeutung giebt, ein mathematischer Widerspruch enthalten, den Laplace übersehen zu haben scheint, denn, dafs diese specielle

Bedeutung, von der ich sogleich näher reden will, übersehen wurde, geht aus der Herleitung von μ aus anderen physikalischen Daten hervor.

Bei der Bestimmung der Wärmecapacität der Gase hatte man die Gase sich unter einem bestimmten Druck frei ausdehnen und zusammenziehen lassen, und so die Wärmecapacität bei constantem Druck gefunden. Unter einem anderen Druck ist auch die Wärmecapacität desselben Gases eine andere; bei demselben Druck, aber verschiedener Temperatur, ändert sich die Capacität für die Wärme, auf gleiche Gewichte bezogen, entweder gar nicht oder nur in sehr langsamem Verhältnifs, was noch nicht festgestellt ist[1]).

1) Nach einer Notiz von Gay-Lussac (*Ann. de chim. T.* 83, *p.* 108) soll sich freilich die Wärmecapacität bei gleichem Druck mit der Temperatur sehr bedeutend ändern, nämlich die Wärmecapacität der atmosphärischen Luft unter gewöhnlichem Druck bei -20^0 als Einheit genommen, findet Gay-Lussac die Wärmecapacität bei $+52^0$ gleich 1,206. Gay-Lussac liefs aus zwei Gasometern gleiche Gewichtsmengen atmosphärischer Luft von -20^0 und $+52^0$ von entgegengesetzten Seiten in einen Ballon strömen, in dessen Mitte ein Thermometer war; die umgebende Luft war $+16^0$ warm.

Hat die Luft bei diesen verschiedenen Temperaturen dieselbe Wärmecapacität, so müfste das Thermometer in dem Gemenge aus gleichen Gewichtsmengen das Mittel beider Temperaturen $=+16^0$ anzeigen; Gay-Lussac erhielt aber eine Temperaturerhöhung und berechnete daraus die angeführte Aenderung der Wärmecapacität. Es scheint mir jedoch, dafs aus dem angeführten Versuchen sich ein solches Resultat gar nicht berechnen lasse, da ja die ganze Reihe der Werthe, die die Wärmecapacität von -20^0 an bis zu $+52^0$ annimmt, und nicht nur die Werthe an den drei Punkten dieser Reihe -20^0, $+16^0$, $+52^0$ hier ins Spiel kommt. Ich möchte aber fast glauben, dafs bei diesem Versuche ein Irrthum stattgefunden habe, und dafs Gay-Lussac dabei gar nicht die Temperatur des Gemisches gemessen hat, was übrigens auch die völlige Abweichung seines Resultats von allen anderen Angaben wahrscheinlich macht. Es scheint nämlich, nach der mangelhaften Beschreibung des Versuches, dafs die beiden Ausströmungsöffnungen gegen die Kugel des Thermometers, die sich gerade in der Mitte befand, gerichtet waren, und dafs das Thermometer direct von den beiden Luftströmen getroffen ward; dann aber konnte der Erfolg kein anderer seyn als ein Steigen des Thermometers, denn die wärmere Luft nahm bei gleicher Gewichtsmenge ein gröfseres Volum ein und strömte folglich auch mit gröfserer Geschwin-

Laplace nimmt das Erstere an; es variirt dann also c nur durch eine Variation von p, d. h. $p = f(p)$.

Kann man nun von einer Wärmecapacität bei constantem Volum überhaupt in dem bisher gebräuchlichen Sinne des Worts reden, wo Wärmecapacität nämlich das Wärmequantum bedeutet, das zu einer bestimmten, endlichen Temperaturerhöhung erforderlich ist, so mufs diese Wärmecapacität, bei gegebener Dichte eines Gases, innerhalb endlicher Gränzen eine constante und zwar von der gegebenen Dichte abhängige Gröfse seyn, d. h. $c_1 = \varphi(\varrho)$.

Da nun p nicht allein von der Dichte, sondern auch von der Temperatur abhängt, so kann unmöglich allgemein $\frac{c}{c_1} = \frac{f(p)}{\varphi(\varrho)}$ für ein bestimmtes Gas einen constanten Werth haben, wie Laplace angiebt.

Man kann aber, meines Erachtens, gar nicht von einer Wärmecapacität bei constantem Volum, in dem bisher gebräuchlichen Sinne, reden, denn dieselbe ändert sich, sobald sich die Temperatur, und damit der Druck, des eingeschlossenen Volums ändert.

Bei constantem Volum darf man nur einen unendlich kleinen Zuwachs der Wärmemenge mit der dadurch bedingten unendlich kleinen Temperaturerhöhung vergleichen, und daher von einer Wärmecapacität bei constantem Volum nur bei gegebenem Druck reden.

Giebt man nun $\frac{c}{c_1}$ diese Bedeutung des Verhältnisses der differentiellen Temperaturerhöhung eines Gases vom Druck p und der Dichte ϱ, die eine differentielle Vermehrung des Wärmequantums, einmal bei constantem Druck,

digkeit aus; der Punkt der völligen Temperaturausgleichung beider Ströme mufste daher, wenn die Wärmecapacität dieselbe ist, mehr nach der kalten Ausströmungsöffnung liegen, und das Thermometer befand sich daher im warmen Luftstrom. Uebrigens halte ich die Art dieses Versuchs, wenn man die erwähnten Fehler vermeidet, für sehr geeignet, um festzustellen, ob überhaupt eine Aenderung der Wärmecapacität mit der Temperatur stattfinde.

einmal bei constantem Volum, erzeugt, so findet man allerdings:

$$\frac{c}{c_1} = \mu.$$

Ist nämlich dt die Temperaturerhöhung, $d\varrho$ die Aenderung der Dichte bei constantem Druck, so hat man $\frac{dt}{t} = \frac{d\varrho}{\varrho}$. Verdichtet man das durch die Wärme ausgedehnte Gas wieder auf sein früheres Volum, so ist

$$\frac{dp}{p} = \mu \frac{d\varrho}{\varrho} = \mu \frac{dt}{t}$$

folglich $\mu . dt$ die Erwärmung bei constantem Volum, und also $\frac{c}{c_1} = \frac{\mu . dt}{dt} = \mu$.

Dafs Laplace diese bestimmte Bedeutung von $\frac{c}{c_1}$, als eines Verhältnisses von Differentialgröfsen, übersehen hat, geht daraus hervor, wie er den Werth von μ aus andern physikalischen Daten, als die Schallgeschwindigkeit, zu bestimmen sucht.

Laplace sagt (Gilb. Ann. Bd. 57, S. 240.):

»Nimmt man an, dafs die, in einer Luftmasse, welche unter einem constanten Druck steht, bei verschiedenen Temperaturen enthaltene Wärme ihrem Raum proportional sey, was von der Wahrheit nicht weit abweichen kann, so wird das Verhältnifs $\frac{c}{c_1}$ = dem Verhältnifs der Differenz zweier Drucke zur Differenz der Wärmemengen, welche zwei gleiche Volumina Luft, die unter diesen beiden Drucken stehen, entwickeln, wenn sie von einer gegebenen Temperatur zu einerlei niedrigerer Temperatur übergehen, wobei man die kleinste dieser Wärmemengen und den kleinsten dieser Drucke für Einheiten zu nehmen hat.«

Laplace macht diese Transformation, um aus einem Resultat der schönen Arbeit über die Wärmecapacität der Gase von La Roche und Bérard die Zahl μ zu finden.

Diese Physiker fanden die Wärmecapacität bei constantem Druck und auf gleiches Volum bezogen für atmo-

spärische Luft $= 1,2396$ bei einem Druck von $1^m,0058$, wenn man die Capacität bei $0^m,7405 = 1$ setzt. (*Ann. de chim.* *T.* 85 *p.* 158.) Laplace scheint zu diesem Ausdruck für $\frac{c}{c_1}$ folgendermaſsen gekommen zu seyn.

Geht unter dem Druck p ein Volum V durch Erkaltung in das Volum v über, so verliert es dabei ein Wärmequantum $= act$, wo a ein Factor, der von der Beschaffenheit des Gases abhängt, c die Wärmecapacität bei constantem Druck p, auf das Volum bezogen, t die Temperaturerniedrigung ist. Nach der Annahme, daſs die Wärmemenge dem Raum proportional sey, ist im Volum V die Wärmemenge $\frac{V}{V-v}\,act$, im Volum v die Wärmemenge $\frac{v}{V-v}\,act$ enthalten.

Geht ein gleiches Volum V unter dem Druck p', wobei die Wärmecapacität $= c'$ sey, auch durch Erkaltung in das Volum v über, so verliert es dabei ein Wärmequantum $= ac't$ und das Volum V enthielt die Wärmemenge $\frac{V}{V-v}\,ac't$, das Volum v die Wärmemenge $\frac{v}{V-v}\,ac't$. Macht man nun die Bedingung $\frac{V}{v} = \frac{p}{p'}$ so hat in dem Volum v vom Druck p' das Gas dieselbe Dichte wie im Volum V vom Druck p.

Das Verhältniſs der Wärmemengen, die nöthig sind, um das Volum v vom Druck p' um t zu erwärmen, einmal bei constantem Druck, also auf das Volum V vom Druck p', einmal bei constantem Volum, also auf ein Volum v vom Druck p, oder das Verhältniſs $\frac{c}{c_1}$ nach Laplace ist

$$= \frac{ac't}{\frac{v}{V-v}\left(act - ac't\right)} = \frac{c'}{c-c'} \cdot \frac{V-v}{v} = \frac{c'}{c-c'} \cdot \frac{p-p'}{p'}.$$

Daher nach Laplace, wenn p', c' als Einheiten angenommen werden,

$$\mu = \frac{p-1}{c-1}$$

und nach den Daten des Versuchs von La Roche und Bérard

$$\mu = \frac{3583}{2396} = 1{,}495.$$

Betrachtet man nun aber, umgekehrt, die Erkaltung des Volumen V vom Druck p um t, einmal bei constantem Druck, also auf das Volum v vom Druck p, einmal bei constantem Volum, also auf ein Volum V vom Druck p', so wird das Verhältnifs der erforderlichen Wärmemengen, also wiederum das Verhältnifs $\frac{c}{c_1}$ nach Laplace $=$

$$\frac{act}{\frac{V}{V-v}\left(act - ac't\right)} = \frac{V-v}{V} \cdot \frac{c}{c-c'} = \frac{p-p'}{p} \cdot \frac{c}{c-c'} = \frac{1-p'}{1-c'},$$

wo aber jetzt p und c als Einheiten angenommen sind. Hiernach würde Laplace gefunden haben

$$\mu = \frac{2638}{1933} = 1{,}365.$$

Wie denn nun aber μ aus diesem Versuche zu berechnen ist, soll sogleich gezeigt werden.

Die Gleichung, von der ich ausgehe, $\frac{dp}{p} = \mu \frac{d\varrho}{\varrho}$ giebt, wenn μ constant ist, was Gay-Lussac und Welter innerhalb ziemlich weiter Gränzen bestätigt gefunden haben, durch Integration

$$1)\quad \frac{p'}{p} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\mu}.$$

Diese Gleichung enthält die Lösung aller Fragen, die bei einer plötzlichen, endlichen Volumänderung gestellt werden können, denn, da $\frac{p'}{p} = \frac{\varrho' t'}{\varrho t}$ ist, wo t', t die Temperaturen sind (hier, wie im ferneren Verlauf nach dem Luftthermometer), so folgt aus derselben sogleich noch:

$$2)\quad \frac{t'}{t} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\mu-1} \qquad 3)\quad \frac{t'}{t} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\mu-1}{\mu}}.$$

Die Aenderung der Wärmecapacität findet man, wie folgt: Comprimirt man Luft vom Druck p auf den Druck p', einmal von der Temperatur t auf t', einmal von T auf T',

so findet man für das Verhältnifs der Wärmecapacitäten c (beim Druck p) und c' (beim Druck p')

$$\frac{c}{c'} = \frac{T'-t'}{T-t},$$

insofern diese beiden Temperaturunterschiede derselben Differenz in der Wärmemenge bei den beiden Spannungen p' und p entsprechen. Die Formel 3) giebt

$$\frac{T'}{T} = \frac{t'}{t} = \frac{T'-t'}{T-t} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\mu-1}{\mu}}$$

daher

$$\frac{c}{c'} = \frac{t'}{t} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\mu-1}{\mu}}.$$

Es ist diefs unmittelbar nur das Verhältnifs der Wärmecapacitäten bei verschiedenem Druck und den verschiedenen Temperaturen, die die Compression begleiten.

Nimmt man an, dafs die Capacität unter constantem Druck mit der Temperatur nicht variire, so hat man

$$4)\quad \frac{c}{c'} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\mu-1}{\mu}},$$

ohne Rücksicht auf die Temperaturen; es sind hierbei c, c' auf gleiche Gewichte bezogen.

Bezieht man die Wärmecapacität auf gleiches Volum, so findet man $\frac{c}{c'} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\mu-1}{\mu}} \cdot \frac{\varrho}{\varrho'}$, und da bei gleichen Temperaturen $\frac{p'}{p} = \frac{\varrho'}{\varrho}$ ist, so findet man für die Wärmecapacitäten, bei gleicher Temperatur auf gleiches Volum bezogen

$$5)\quad \frac{c'}{c} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{\mu}}.$$

Nach dieser Formel findet man aus den oben angeführten Versuchsdaten

$$\mu = \frac{\lg\left(\frac{p'}{p}\right)}{\lg\left(\frac{c'}{c}\right)} = \frac{\lg 1{,}3583}{\lg 1{,}2396} = 1{,}426.$$

Es stimmt diefs Resultat nahezu mit dem aus der Schall-

geschwindigkeit berechneten Werthe von μ überein; man darf jedoch hieraus wohl nicht ohne Weiteres rückwärts auf die Richtigkeit der gemachten Hypothese schliefsen, dafs nämlich die Capacität mit der Temperatur nicht variire, da die Capacitäten aus Erkaltungen von 97° auf 24° gefunden wurden, während doch eine Compression von 1 auf 1,3583 die Temperatur nur von 0° auf 26° erhöhen würde.

Der Werth von μ läfst sich ferner aus der Gleichung $\frac{p'}{p} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\mu}$ bestimmen, wenn man direct die Zunahme der Elasticität bei rascher Verdichtung beobachtet.

Clément und Désormes haben hierzu ein sinnreiches Verfahren erdacht, das auch bei den Versuchen von Gay-Lussac und Welter angewendet wurde.

Die Luft in einem weiten Ballon wird etwas verdünnt, und der Grad der Verdünnung durch ein offenes Manometer gemessen. Nachdem die verdünnte Luft die Temperatur der Umgebung angenommen hat, wird ein weit durchbohrter Hahn geöffnet und rasch, nachdem das Gleichgewicht hergestellt ist, wieder geschlossen. Die Luft im Ballon ist dabei durch die eindringende Luft, wie durch einen Stempel, verdichtet und dabei zugleich erwärmt, hat also im Moment des Gleichgewichts die Elasticität, aber nicht die Dichte der äufseren Luft angenommen, weshalb auch gleich nach dem Schliefsen des Hahns die Elasticität der eingeschlossenen Luft durch die eintretende Erkaltung abnimmt, was ein Sinken des Manometers anzeigt. Direct beobachtet ist bei diesem Versuch die Elasticität der verdünnten Luft $= p'$, die der äufseren Luft $= p$ und die der verdichteten und wieder erkalteten Luft $= p''$.

Bezeichnet man durch v', v, v'' die Volumina, die die anfänglich im Ballon enthaltene Luft successiv bei diesen Spannungen einnimmt, durch ϱ', ϱ, ϱ'' die gleichzeitige Dichte und durch D die Dichte der äufseren, eindringenden Luft, und wird die innere Luft durch die Verdichtung von t auf t' erwärmt, so hat man $v'\varrho' = v\varrho = v''\varrho''$ und $p' = C\varrho' t$, $p = C\varrho t' = CDt$, $p'' = C\varrho'' t$, wo C ein constanter Coëfficient ist.

Endlich hat man noch

$$v\varrho + (v' - v)D = v'\varrho''$$

oder

$$v'\varrho' + v'D - vD = v'\varrho''$$

und wenn man mit $\frac{Ct}{v'}$ multiplicirt, und die obigen Gleichungen berücksichtigt

$$p' + p - \frac{v}{v'}p = p''$$

oder

$$\frac{v}{v'} = \frac{\varrho'}{\varrho} = \frac{p' + p - p''}{p}.$$

Diese Gleichung, mit der Formel 1) $\frac{p'}{p} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\mu}$ combinirt, giebt

$$\frac{p'}{p} = \left(\frac{p' + p - p''}{p}\right)^{\mu}.$$

Aus den Daten eines Versuchs von Clément und Desormes, *Journal de phys. Nov.* 1819 *p.* 334, auch *in Bibl. univ.* (*sciences et arts*) *T. XIII. p.* 102.

$$p = 0^m,7665$$
$$p' = 0^m,75269$$
$$p'' = 0^m,76289$$

berechnet sich $\mu = 1{,}357$.

Dafs man bei diesem Versuch die eindringende Luft nur als Stempel anzusehen braucht, ist darin begründet, dafs, auch wenn die eindringende kalte Luft sich mit der verdichteten wärmeren vor dem Verschliefsen des Hahns mischt, diefs keine Druckänderung veranlassen kann, weil beide Schichten denselben Druck, folglich auch dieselbe Wärmecapacität haben.

In den Lehrbüchern der Physik findet man zur Berechnung von μ sus diesem Versuch eine andere Formel, die Poisson gegeben hat (*Ann. de chim. et de phys. T.* 23, *p.* 9).

Diese Formel $\mu = \frac{c}{c_1} = 1 + \frac{p' - p''}{p'' - p'} \cdot \frac{p'}{p''}$ ist unrichtig und giebt für jede andere Gröfse der Verdichtung einen anderen Werth von μ. Der eben besprochene Versuch giebt nach dieser Formel $\mu = 1{,}3492$.

Erst nachdem ich durch Integration der Gleichung $\frac{dp}{p} = \mu \frac{d\varrho}{\varrho}$ zu der Formel $\frac{p'}{p} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\mu}$ und den daraus herfliefsenden anderen Formeln gelangt war, habe ich beim Studium der Literatur über diesen Gegenstand ersehen, dafs Poisson schon dieselbe Formel gegeben hat und zwar, obgleich er bei seiner Entwickelung von dem Verhältnifs $\frac{c}{c'} = C$ ausgeht. Auffallender Weise hat auch Poisson den Widerspruch übersehen, der darin liegt, und nur indem er das, was er von dem Verhältnifs endlicher Temperaturerhöhungen irrthümlicher Weise als durch das Experiment erwiesen ansieht, nämlich $\frac{c}{c_1} = C$, auf das Verhältnifs unendlich kleiner Temperaturerhöhungen anwendet, verschwindet durch diese Zufälligkeit aus seiner Rechnung der eingeführte Irrthum wieder, und er erhält die richtige Formel $\frac{p'}{p} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\mu}$. (*Ann. de chim. et de phys. T.*23, *p.*339.)

Poisson nimmt übrigens die angeführte Formel zur Berechnung des Versuchs von Clément und Désormes nicht zurück, ein Beweis, dafs er den gemachten Irrthum wirklich übersah; er giebt als Resultat der Versuche von Gay-Lussac und Welter, die in derselben Art, aber in gröfserem Maafsstabe angestellt sind, den Werth von $\mu = 1{,}375$, der also auch der Correction bedarf.

Diese Versuche finden sich bei den Arbeiten von Laplace über diesen Gegenstand in der *mécanique céleste, livre* 12, einem Werk, das ich mir leider nicht habe verschaffen können. Poisson giebt in dem angeführten Aufsatze auch noch, als entlehnt aus der *mécanique céleste,* die Formeln 4) und 5); in der Darstellung von Poisson sind übrigens auch diese Formeln auf derselben unsichern Grundlage $\frac{c}{c_1} = C$ aufgebaut.

Laplace hat wohl diese Formeln erst später gefunden, sonst würde er nicht die irrthümliche Berechnung, die oben angeführt ist, gegeben haben. Seine Entwicklung der Formel

mel $\frac{c'}{c} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{\mu}}$ ist übrigens auf die Hypothese basirt, dafs die Zunahme der Wärmemenge proportional sey der Temperaturzunahme, oder, mit anderen Worten, dafs die Wärmecapacität sich mit der Temperatur nicht ändere; und sie steht oder fällt mit der Wahrheit dieser Annahme, während, bei meiner Entwickelung dieser Formel, für den Fall der Unrichtigkeit dieser Annahme, die Bedeutung derselben sich dahin modificirt, dafs c', c sich auf die Temperaturen beziehen, die aus der Verdichtung resultiren. Die ebendaselbst gefundene Formel $\frac{c}{c'} = \frac{t'}{t}$, d. h. »bei einer Verdichtung verhalten sich die Temperaturen vor- und nachher umgekehrt wie die Wärmecapacitäten« spricht für die Annahme, dafs die Wärmecapacität bei demselben Druck dieselbe bleibt; es folgt nämlich aus dieser Annahme $t = \frac{C.W}{c}$ und $t' = \frac{C.W}{c'}$, daher $\frac{c}{c'} = \frac{t'}{t}$, aber freilich nicht auch nothwendig umgekehrt aus dem Letzteren das Erste.

Obgleich ich nun nach Durchlesen dieses Aufsatzes von Poisson die Priorität für die gefundenen Formeln nicht mehr beanspruchen konnte, hielt ich die gegebene Darstellung dennoch für nicht minder gerechfertigt, denn, wie ich glaube gezeigt zu haben, war nicht nur die Entwickelung dieser Formeln eine mangelhafte, sondern man hat auch, trotz der richtigen Formeln, aus den angestellten Versuchen falsche Resultate herausgerechnet. Dafs aber diese Irrthümer nicht etwa später berichtigt worden, und mir diefs unbekannt geblieben sey, schliefse ich daraus, dafs sämmtliche neueren Lehrbücher der Physik den Ausdruck $\frac{c}{c'} = C$ geben, wo sich c, c' auf endliche Temperaturerhöhungen beziehen. Wie übrigens die Wärmemenge, die bei unverändertem Volum zu einer endlichen Temperaturerhöhung erfordert wird, zu finden sey, geht aus dem Bisherigen hervor; man erhält dieselbe nämlich durch Integration aus den Formeln $\frac{c'}{c} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{\mu}}$ und $\frac{c}{c_1} = \mu$, wo c, c_1

in der zweiten Formel die differentiellen Wärmemengen, die eine differentielle Temperaturerhöhung erfordert, bezeichnen. Ist p_0, t_0 die anfängliche Elasticität und Temperatur der Luft, die bei der constanten Dichte ϱ erwärmt wird, und ist c die Wärmecapacität bei dem constanten Druck p_0, so ist das Differential der Wärmemenge, das bei constantem Volum und der augenblicklichen Temperatur t diese um dt erhöht

$$dw = L\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{1}{\mu}} \frac{c}{\mu} dt,$$

wo L eine Constante.

Durch Integration findet man die zur Temperaturerhöhung auf t_1 nöthige Wärmemenge:

$$w = L\frac{c}{\mu}\int_{t_0}^{t_1}\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{1}{\mu}} dt = \frac{Lc}{(\mu+1)t_0^{\frac{1}{\mu}}}\left(t_1^{\frac{\mu+1}{\mu}} - t_0^{\frac{\mu+1}{\mu}}\right)$$

während zu derselben Temperaturerhöhung bei unverändertem Druck p_0 die Wärmemenge

$$W = Lc(t_1 - t_0)$$

erfordert wird.

Man hat daher

$$\frac{W}{w} = (\mu+1)t_0^{\frac{1}{\mu}} \cdot \frac{t_1 - t_0}{t_1^{\frac{\mu+1}{\mu}} - t_0^{\frac{\mu+1}{\mu}}}$$

Die Versuchsdaten von Gay-Lussac und Welter waren mir, wie schon gesagt, nicht zugänglich; aber ich bezweifle, dafs die Correction, die nach der oben gegebenen Formel an den Resultaten noch anzubringen ist, diese auf den aus der Schallgeschwindigkeit berechneten Werth bringen werde. Es mufs diese Versuchsart stets zu kleine Werthe für μ geben, der raschen und schon während des Actes der Verdichtung erfolgenden Erkaltung wegen, die an den Wänden des Ballons stattfindet.

Ich selbst habe sorgfältige und lange fortgesetze Versuche in ähnlicher Weise mit einem Glaskolben von $5\frac{1}{2}$ bis 6 Liter angestellt. Die Luft darin war durch Oel ab-

gesperrt und wurde verdichtet, indem der Stempel einer kleinen Pumpe das im Stiefel enthaltene Oel in den Ballon einerseits, in ein offenes Glasrohr, das als Manometer diente, andererseits hineintrieb, wenn er durch ein fallendes Gewicht plötzlich abwärts getrieben wurde. Ein Hahn regulirte dabei das Verhältnifs der Einmündungen dergestalt, dafs, so wie die Verdichtung geschehen war, das Niveau im Manometer einen Augenblick fest stand und dann, der Erkaltung entsprechend, zu sinken anfing. Ich bediente mich eines solchen Oelstempels, um vor Irrthümern durch Schwankungen der Luftsäule, die bei Anwendung der Luft als Stempel übersehen werden, gesichert zu seyn. Trotz aller Uebung und Vorsicht konnte ich jedoch auf diese Weise keine genaueren Resultate erzielen als Werthe von μ innerhalb der Gränzen 1,33 und 1,39.

Die genauere Bestimmungsweise von μ aus der Schallgeschwindigkeit ist zwar direct nur bei der Luft unter dem gewöhnlichen Druck ausführbar; es läfst sich aber die Schallgeschwindigkeit in irgend einem Gase aus der Tonhöhe berechnen, die eine Pfeife giebt, wenn sie durch dieses Gas zum Ansprechen gebracht wird; denn die Wellenlänge, die durch die Dimensionen der Pfeife bestimmt wird, ist der Weg, den die Schallfortpflanzung während einer Schwingung des tönenden Körpers macht, und die Anzahl dieser Schwingungen in der Sekunde bedingt ja eben die Tonhöhe.

Es ist diefs eine Idee von Chladni und auch von ihm zuerst ausgeführt. (Chladni, *Traité d'acoustique p.* 87 und 274.)

Die genauesten Versuche über diesen Gegenstand hat Dulong angestellt. (*Ann. de chim. et de phys.* 41, 113) [1]). Dieser Physiker giebt aus seinen Versuchen die Werthe der Schallgeschwindigkeit und somit auch die Werthe von μ in verschiedenen Gasen. Ich werde aber zeigen, dafs diese Methode zu genaueren Versuchen unbrauchbar ist, weil man die Wellenlänge nicht genau genug bestimmen

1) Diese Ann. Bd. XVI, S. 438.

kann, und dafs die Art, wie **Dulong** sie handhabt, geradezu unrichtige Resultate geben mufs.

Wenn eine offene Pfeife durch Anblasen erst ihren Grundton, dann dessen Octave, darauf die Quinte und die folgenden harmonischen Töne hören läfst, so theilt sich dabei nach der Theorie von **Daniel Bernoulli** die, in der Pfeife tönende, Luftsäule durch 1, 2, 3 u. s. w. Ruhe- oder Knotenpunkte in Unterabtheilungen, dergestalt, dafs die beiden äufsersten Knotenpunkte um $\frac{1}{4}$ der ganzen Wellenlänge von den Enden abstehen und der Abstand je zweier Knotenpunkte von einander doppelt so grofs = der halben Wellenlänge ist; bei einer geschlossenen Pfeife dagegen bilden sich beim Grundton und den folgenden Tönen 1, 2, 3 u. s. w. Knotenpunkte, wo wieder der erste um $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge von der Mündung absteht und die Entfernung zweier Knotenpunkte von einander = der Entfernung des letzten vom geschlossenen Ende = $\frac{1}{2}$ der Wellenlänge ist, also am geschlossenen Ende wieder ein Knotenpunkt.

Es ist daher bei der offnen Pfeife von der Länge l die Wellenlänge beim Grundton $= 2l$, bei der Octave $= l$, bei der Quint $= \frac{2}{3}l$ u. s. w., dagegen bei der geschlossenen Pfeife beim Grundton $= 4l$, beim folgenden Ton, der Octave von der Quint des Grundtons, $= \frac{4}{3}l$, dann $\frac{4}{5}l$ u. s. w.

Giebt daher die geschlossene Pfeife den Grundton C, so sind die folgenden g, $\bar{e}$, $\overline{ais}$, $\bar{\bar{d}}$ u. s. w. und die Töne derselben Pfeife offen c, $\bar{c}$, $\bar{g}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{e}}$ u. s. w.

Hiernach würde nun die Wellenlänge sehr leicht zu bestimmen seyn; allein schon **Bernoulli** fand, dafs die erhaltenen Töne etwas tiefer sind, als die Rechnung ergiebt; er entdeckte für den Fall einer geschlossenen Pfeife die Ursache davon, indem er seine Pfeife durch einen verschiebbaren Stempel schlofs und diesen allmälig vorschob, bis er die bei der anfänglichen Länge erhaltenen höheren Töne nach einander als Grundtöne wieder-

fand. Bernoulli fand auf diese Weise die Entfernung je zweier Knotenpunkte überall gleich und wie sie die Rechnung ergiebt, dagegen die Entfernung des ersten Knotenpunkts von der Mündung kleiner als $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge, und zwar hängt die Gröfse dieser Differenz von der Beschaffenheit der Mündung ab, und läfst sich bis jetzt der Rechnung nicht unterwerfen.

Neuerdings hat Hopkins (Pogg. Ann. Bd. 44, S. 256) die Lage der Schwingungsknoten in offenen und gedeckten Pfeifen untersucht, indem er einen mit einer feinen Membran überzogenen Rahmen mit feinem Sand bestreute, in die Röhre einsenkte, und beobachtete, an welchen Stellen der Röhre der Sand in Ruhe blieb. Er fand:

1) Die Knotenpunkte sind nicht Orte absoluter Ruhe, sondern kleinster Bewegung.

2) Der Abstand des letzten Knotens von dem Ende einer offenen Röhre ist namhaft kleiner als $\frac{1}{4}$ Wellenlänge, und es ändert sich dieser Unterschied oder die Verschiebung des Knotens mit der Weite der Röhre und mit der Wellenlänge.

3) Der Abstand des letzten Knotens vom Ende einer geschlossenen Röhre ist um ein Geringes gröfser als $\frac{1}{2}$ Wellenlänge.

Hiernach mufs man also zur Bestimmung der wahren Wellenlänge empirisch die Lage der Knotenpunkte aufsuchen, deren Entfernung von einander sich aber freilich nach 1) nicht scharf bestimmen läfst. Dulong, nachdem er den Abstand des letzten Knotens vom Ende einer offnen Pfeife zur Bestimmung der Wellenlänge angewendet, und dadurch viel zu kleine Werthe der Schallgeschwindigkeit in der Luft gefunden hat, findet dann auch noch, wenn er die Wellenlänge aus dem Abstand zweier Knoten bestimmt, zu kleine Werthe; er scheint aber die Lage der Knoten für den Fall der gedeckten Pfeife nach Bernoulli's Verfahren bestimmt, und diese Bestimmung auf den Fall der offenen Pfeife angewandt zu haben, was nach den Versuchen von Hopkins nicht statthaft ist.

Dulong verzichtet daher ganz auf die Bestimmung der Wellenlänge, nimmt die Schallgeschwindigkeit in der Luft an, wie die directen Schallversuche sie ergeben, und sucht nur das Verhältnifs der Schallgeschwindigkeiten in anderen Gasen zu der in der Luft zu bestimmen, unter der Annahme, die Wellenlänge des Grundtons derselben Pfeife ändere sich nicht, wenn letztere durch verschiedene Gase angeblasen wird. Er sucht diese Annahme, entgegenstehenden Beobachtungen von **Biot** gegenüber, (*Bulletin de la soc. phil.* 1816 *p.* 192) durch folgenden Versuch zu rechtfertigen.

Nachdem der Grundton der offenen Pfeife genau bestimmt worden, senkt **Dulong** einen Stempel in dieselbe hinein, bis der Grundton dieser gedeckten Pfeife wieder genau der der offenen Pfeife wird. Bei einer und derselben Pfeife, durch verschiedene Gase, unter übrigens gleichen Umständen, angeblasen, geschah diefs stets bei derselben Einsenkung des Stempels, wodurch **Dulong** seine Annahme für gerechtfertigt hält. Es wird indessen diese unveränderte Lage des Knotenpunkts ohne diese Annahme sehr begreiflich durch die gleich folgende Angabe, die Lage des Knotens sey merklich die Mitte der Pfeife, daher also der Einflufs der Mündung und des anderen Endes merklich derselbe bei dem Versuch gewesen.

Bei dem Grundton einer offnen Pfeife, wo also nur ein Knoten in der Mitte der Pfeife entsteht, resultirt die Verschiebung dieses Knotens aus der Differenz der Einwirkungen beider Enden der Pfeife. Sind diese Einwirkungen merklich dieselben, so mufs die Knotenverschiebung merklich Null seyn; daher beweist der Versuch, den gegentheiligen Beobachtungen von **Biot** gegenüber, gar nichts, und es haben, so lange diese Beobachtungen nicht widerlegt sind, die Zahlen, die **Dulong** giebt, gar keinen Werth.

Wie ich gezeigt habe, genügt keine der angewandten Methoden zur genauen Ermittelung von μ, ausgenommen bei Luft unter dem gewöhnlichen Druck.

Ich will im Folgenden eine Methode vorlegen, die, wie ich glaube, auf alle Gase und Dämpfe unter jedem Druck anwendbar ist und die, nur auf directer Beobachtung von Pendelschwingungen beruhend, diejenige Genauigkeit der Resultate gewähren kann, deren das Experiment überhaupt fähig ist.

Für alle Oscillationen, bei denen die accelerirende Kraft der Entfernung von der Gleichgewichtslage proportional wächst, was bei kleinen Oscillationen in der Natur meistens der Fall ist, ergiebt die Rechnung, wenn die accelerirende Kraft $= kx$ ist, wo x die Entfernung von der Gleichgewichtslage und k ein constanter Coëfficient, die Schwingungsdauer, nämlich die Dauer eines Hinganges

$$T = \frac{\pi}{\sqrt{k}}.$$

Diese Formel giebt z. B. für das Pendel $T = \pi \sqrt{\frac{r}{g}}$, wo r die Pendellänge, g die Acceleration der Schwere ist. Bei den Oscillationen einer Flüssigkeit in den senkrechten Schenkeln einer zweimal gebogenen Röhre ist, im Augenblick einer Niveaudifferenz $= 2x$, also einer Entfernung der ganzen Säule von der Gleichgewichtslage $= x$, die accelerirende Kraft $= \frac{2x}{l} g$, wo l die Länge der Säule bezeichnet, daher $T = \pi \sqrt{\frac{l}{2g}}$.

Ist bei dieser Röhre ein oder beide Schenkel geschlossen, so unterliegt die Schwingungsdauer anderen Gesetzen; jetzt ist es nicht mehr allein das Gewicht der Niveaudifferenz, das die Säule accelerirt, sondern überdiefs noch die Veränderungen in der Spannkraft der eingeschlossenen Luft, die wiederum nicht nur durch die Verdichtungen und Verdünnungen beim Steigen und Fallen der Flüssigkeit in dem geschlossenen Schenkel, sondern überdiefs gleichzeitig durch die dabei stattfindenden Erwärmungen und Erkaltungen variirt; es wird daher der Erwärmungscoëfficient μ in der Formel auftreten müssen und sich also auch rückwärts aus der gemessenen Schwingungsdauer be-

rechnen lassen. Ist nämlich Quecksilber die schwingende Flüssigkeit, das in einem Schenkel abgesperrte Luftvolumen = einer Säule vom Querschnitt der Röhre und einer Höhe = k, ferner l die Länge der schwingenden Säule und h die Barometerhöhe, beide auf dieselbe Temperatur reducirt, so ist, bei einer Erhebung des Niveau im geschlossenen Schenkel $=x$, wenn x sehr klein im Vergleich zu k ist, die Acceleration $=\frac{2x}{l}g+\mu\frac{xh}{kl}g=\left(2+\frac{\mu h}{k}\right)\frac{gx}{l}$, daher die Schwingungsdauer

$$T_1=\pi\sqrt{\frac{l}{g\left(2+\frac{\mu h}{k}\right)}}.$$

Ist daher die Schwingungsdauer derselben Säule bei offnem Schenkel $= T=\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$, so hat man

$$\left(\frac{T}{T_1}\right)^2=1+\frac{\mu h}{2k}$$

$$\text{also } \mu=\frac{2k}{h}\left[\left(\frac{T}{T_1}\right)^2-1\right].$$

Darf man aber bei diesem Versuch, wie bei kleinen Pendelschwingungen, die Reibung vernachlässigen?

Um diefs zu beantworten, mufs man sich zuerst eine bestimmte Vorstellung von der stattfindenden Reibung machen.

Denkt man sich die Quecksilbersäule, ohne Verschiebung der einzelnen Fäden neben einander, in der Röhre hin und her rutschend, so wird die Reibung an den Wänden denselben Erfolg haben, als fügte man zu dem Gewicht der zu bewegenden Säule noch den Druck dieser Säule gegen die Wandung, nämlich den Druck des Quecksilbers und der Atmosphäre, multiplicirt durch den Reibungscoëfficienten. Diese Annahme würde daher für l in der obigen Formel einen viel gröfseren Werth einführen.

Denkt man sich dagegen das Quecksilber an der Röhrenwand fest anhaftend, sich gleichsam an den beiden Niveaupunkten daran auf- und abwickelnd, während die cen-

tralen Fäden oscilliren und dabei an den äufseren Fäden einen Reibungswiderstand erleiden, der wie bei allem Reibungswiderstand in Flüssigkeiten bei sehr kleinen Bewegungen auch nur sehr klein und dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist; so findet man, ganz aus denselben Gründen, wie bei Pendelschwingungen in der Luft, dafs diese Reibung auf die Dauer kleiner Oscillationen keinen Einflufs übt. In wie weit nun diese letztere Vorstellungsart die richtige sey, kann nur der Versuch lehren.

Das Glasrohr, dessen ich mich zu meinen Versuchen bediente, hatte an den beiden Niveaupunkten den Durchmesser von 19^{mm},3 und verjüngte sich ein wenig nach der Mitte zu; der Abstand beider Niveaupunkte betrug, ehe das Rohr gebogen war, 767^{mm}, daher das Gewicht der Quecksilbersäule etwa 3 Kilogrm.

Die Zeitbeobachtung direct nach einer Uhr zu machen, war nicht thunlich, weil, zumal wenn ein Schenkel geschlossen war, die Schwingungen sehr bald unmerklich wurden, so dafs ich nur 12 bis 16 Doppelschwingungen zählen konnte, wobei dann die Abschätzung der Bruchtheile zu Anfang und zu Ende bedeutende Fehler verursacht haben würde. Ueberdiefs ist es sehr schwierig, gleichzeitig mit Auge und Ohr zu beobachten.

Es gelang mir aber die Zeitmessung sehr gut, indem ich mich eines Pendels mit verschiebbarer Linse bediente, an dessen Schneide waagerecht ein dünner Draht befestigt war und der so gestellt wurde, dafs ich, einige Schritt weit vom Apparat entfernt, durch ein Fernrohr das Ende des Drahts mit dem Quecksilberniveau und einem im Fernrohr horizontal ausgespannten Faden zusammenfallen sah. Nun wurde die Quecksilbersäule, durch Aufhebung des ganzen Apparats auf einer Seite, in Schwingung versetzt und diefs, unter Verschiebung der Pendellinse so lange wiederholt, bis die Bewegung des Drahtes mit der des Quecksilbers isochron ward, und zwar, einmal, indem das Pendel erst zu lang gemacht und vorsichtig gekürzt wurde,

bis ich keine Differenz in der Schwingungsdauer wahrnahm, einmal, indem das Pendel allmälig bis zu dieser Uebereinstimmung verlängert wurde. Ich fand auf diese Weise stets zwei sehr nahe liegende Werthe, und zwar das erste Mal immer den gröfseren Werth.

Wenn die beiden Schwingungen übereinstimmten, wurde die Dauer der Pendelschwingungen durch Vergleichen mit einer Sekundenuhr bestimmt.

Indem ich auf die angegebene Weise die Schwingungen in der offnen Röhre beobachtete, konnte ich zuerst längere Zeit zu keinem constanten Werth der Schwingungsdauer gelangen, und zwar fand ich stets zu grofse Werthe, bis endlich, nachdem der Apparat mehrere Tage lang unangerührt gestanden hatte, die Schwingungsdauer einen kleineren Werth als früher erlangt hatte und von jetzt an merklich constant blieb; zugleich bemerkte ich an kleinen Stäubchen und Bläschen zwischen Quecksilber und Glaswandung jetzt durchaus keine Bewegung mehr, während die Säule oscillirte, was vorher nicht der Fall war, und hierin lag dann auch der Schlüssel dieser Anomalie. Offenbar hatte anfangs zum Theil auch die zuerst betrachtete Reibung des Quecksilbers an der Glaswand stattgefunden, daher die Verlangsamung der Schwingungen. Nach längerer Berührung des Quecksilbers und der Glaswand war der Reibungscoëfficient constant und grofs genug geworden, um das Verschieben des Quecksilbers an dem Glase zu hindern daher jetzt nur die Reibung der Flüssigkeitstheilchen unter sich stattfand, die keinen Einflufs auf die Schwingungsdauer ausübt.

Eine solche Veränderung des Reibungscoëfficienten bis zu einem Maximum hat schon Coulomb bei seinen Reibungsversuchen beobachtet; auch er konnte zuerst keine constanten Werthe der Reibungscoëfficienten erhalten, bis er entdeckte, dafs, wenn die zu untersuchenden Körper einige Tage auf einander gelegen hatten, der Reibungscoëfficient ein Maximum und constant geworden war. So fand auch Gay-Lussac bei Adhäsionsversuchen mit Glas-

platten auf Quecksilber, dafs es eines gröfseren oder kleineren Gewichts bedurfte, die Platte abzureifsen, je nachdem sie längere oder kürzere Zeit das Quecksilber berührt hatte, und zwar erforderte dieselbe Platte bald ein Gewicht von 296 Grm., bald nur eins von 158 Grm.

Es geht übrigens hieraus hervor, dafs man zu den Schwingungsversuchen die Röhre von einem Material wählen mufs, woran das Quecksilber möglichst stark adhärirt, also besser von Eisen als von Glas.

Als ich nun für die Schwingungsdauer bei offner Röhre einen merklich constanten Werth hatte, wurde auf dem einen Schenkel ein kleiner Ballon luftdicht aufgekittet, dessen Capacität sammt der des Glasrohrs bis zum Niveau des Quecksilbers = einer Säule vom Querschnitt des Rohrs an dieser Stelle und von der Höhe $k = 775,45^{mm}$.

Folgendes sind die Daten meiner Versuchsreihe.

	Doppelschwingungen pro Minute.	Erhöhung des Niveau im geschlossenen über das im offnen Schenkel.	
Offene Röhre.	48,5		
Geschlossene Röhre.	62,75 63,5	$3,5^{mm}$	Barometerstand 754^{mm}.
	62,66 63	$4,5^{mm}$	
	63,25 63,66	4^{mm}	
	63,5 63,66	2^{mm}	
Mittel	63,2475	$3,5^{mm}$	
Offene Röhre	48,6 49,055		

Mittel bei offner Röhre am Anfang und zu Ende = 48,663.

Es ist daher

$$h = 754^{mm} \quad - 3{,}5^{mm} \quad = 750{,}5^{mm}$$
$$k = 775{,}45^{mm} - 1{,}75^{mm} = 773{,}7^{mm}$$
$$\frac{T}{T_1} = \frac{63{,}2475}{48{,}663}$$

folglich $\mu = \frac{2k}{h}\left[\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 1\right] = 1{,}421.$

Es beweist die Uebereinstimmung aller Schwingungszahlen unter einander, so wie auch der für μ gefundene Werth, der völlig mit dem von Dulong aus der Schallgeschwindigkeit berechneten Werthe übereinstimmt, zur Genüge die Brauchbarkeit dieser Methode; übrigens aber ist der Versuch in zu kleinem Maafstabe angestellt und war ich zu sehr von guten Mefsapparaten entblöfst, um dieser Zahl 1,421 grofses Gewicht beilegen zu dürfen. Um die Uebereinstimmung der bei offner Röhre beobachteten Schwingungsdauer mit der Theorie prüfen zu können, müfste man die corrigirte Länge l der Säule bestimmen, indem man das Volum des Quecksilbers durch den Querschnitt der Niveau-Stellen dividirte.

Ich habe diese Bestimmung versäumt, kann jedoch zeigen, dafs die beobachtete Schwingungsdauer jedenfalls nicht viel von der, unter Vernachlässigung der Reibung, berechneten abweicht.

Die Entfernung der Niveaupunkte betrug, ehe die Röhre gebogen war, 767^{mm}; durch das Biegen wurde die Röhre an den betreffenden Stellen etwas verengt, was, wie die Verjüngung nach der Mitte zu, eine Verkleinerung von l veranlafst; aus der Schwingungsdauer $T = 48{,}663$ folgt aber durch Rechnung $l = 755{,}4^{mm}$.

Bei einer zweiten Versuchsreihe mit ganz demselben Apparat fielen die Schwingungszahlen für die offne Röhre wie für die geschlossene kleiner aus, als bei der ersten; da aber die Schwingungszahlen der offnen Röhre am Anfang und zu Ende nahe dieselben waren, der Reibungscoëfficient also merklich derselbe geblieben war, so durfte diefs auf den Werth von μ keinen bedeutenden Einflufs

haben, wenn die über die Reibung aufgestellte Meinung richtig ist, denn der Werth l kommt in der Formel für μ nicht vor. Die Ursache dieser Verlangsamung stellte sich nach Beendigung der Versuchsreihe auch heraus; es war durch Zufall auf das Quecksilber ein Tropfen Wasser gerathen und zwischen Quecksilber und Glaswand eingedrungen; nachdem diefs Wasser durch Löschpapier entfernt worden, erreichte die Schwingungszahl nach einigen Stunden wieder ihren alten Werth $=48,5$.

Die Daten der zweiten Versuchsreihe sind:

	Doppelschwingungen pro Minute.	Erhöhung des Niveau im geschlossenen über das im offnen Schenkel.	
Offene Röhre.	46,666 47,125		
Geschlossene Röhre.	60,5 61	4^{mm}	Barometerstand $760,15^{mm}$.
	60,5 61,333	4^{mm}	
	60,75 61,166	$4,5^{mm}$	
	60,5 61	$4,5^{mm}$	
Offene Röhre.	46,5 46,5		

Das Mittel bei geschlossener Röhre ist 60,844
bei offner Röhre 46,698

$$h=760^{mm},15-4^{mm},25=755^{mm},9$$
$$h=775\ ,45-2\ ,125=773\ ,325$$

folglich $\mu=1,427$, also um weniger als $\frac{1}{2}$ Proc. von dem erst erhaltenen Werth verschieden.

Die Aenderung der corrigirten schwingenden Masse durch Aenderung der Reibung, so wie auch der Schnelligkeit und Gröfse der Oscillationen, wird jedenfalls um so ge-

ringeren Einflufs auf den Werth von μ ausüben können, eine je gröfsere Masse Quecksilber zu dem Versuch angewandt wird.

Im Fall, dafs jemand die Versuche fortsetzte, um μ für andere Gase und Dämpfe, bei verschiedenen Spannungen und Temperaturen zu finden, möchte ich folgende Anordnung des Apparats empfehlen.

Dafs für andere Spannungen, als die atmosphärische, jedes Ende der Röhre geschlossen sey, ist nothwendig, um T, T_1 unter übrigens gleichen Umständen zu beobachten. Fig. 1 und 2 Taf. I. sind Aufrifs und Grundrifs in $\frac{1}{10}$ natürlicher Gröfse, die rechte Hälfte von Fig. 1 zeigt den Durchschnitt. A ist ein gufseisernes Rohr von 60^{mm} Durchmesser, mit den Flanschen B; der Rand a ist abgedreht und abgeschliffen. Die innere Gufsrinde des Rohrs ist unversehrt erhalten, da ohne dieselbe das Gufseisen bei hohem Druck vom Quecksilber durchdrungen wird.

Auf die Ränder a sind die beiden Glascylinder ac aufgesetzt, die genau gleich weit und 1 bis 2 Millimeter weiter als das Rohr A sind; die Ränder a, c sind abgeschliffen. Auf den Glascylindern stehen wieder zwei ähnliche Cylinder von Metall, cd, die durch das angelöthete Rohr e mit dem Hahnstück f und unter einander communiciren.

Auf die Metallcylinder sind dann die eisernen Ballons C mit den Flanschen D aufgesetzt, die durch je vier Schraubenbolzen mit Müttern fest gegen die Flanschen B angezogen werden. Das Zwischenstück cd ermöglicht, nach Gutdünken Ballons von anderer Capacität anzuwenden; die hier gezeichneten haben einen Durchmesser von 0,2^{m} und entsprechen jeder einer Säule vom Querschnitt der Glascylinder und der Höhe $k = 1{,}5^{m}$. Die Länge der Quecksilbersäule von b bis b ist $l = 0{,}78^{m}$, ihr Gewicht $=$ 30 Kilogrm. Mit diesem Apparat würde, wenn $\mu = 1{,}42$ constant bei jedem Druck bliebe, die Schwingungszahl, $= 48$ bei offner Röhre, von 52 bis 110 variiren, wenn der Druck von $\frac{1}{4}$ bis zu 6 Atmosphären variirt; es wird aber räthlich seyn, über 2 Atmosphären hinaus gröfsere Ballons

anzuwenden, da eine groſse Geschwindigkeit der Oscillationen auf die wahre schwingende Masse influiren möchte.

Das Hahnstück *f* nimmt von zwei Seiten das Communicationsrohr *e* auf, von der dritten das offne Manometer *i* mit weitem Quecksilbergefäſs *m*, und von der vierten das Rohr *h*, durch welches der Apparat mit den zu untersuchenden Gasen und Dämpfen gefüllt wird. Die Bohrung des Hahnkükens sieht man Fig. 3 in gröſserem Maaſsstabe. Bei der gezeichneten Stellung beobachtet man den Manometerstand, was nach jeder Schwingungsbeobachtung wiederholt wird; $\frac{1}{8}$ Umdrehung entspricht der Stellung bei den Schwingungsbeobachtungen; $\frac{1}{2}$ Umdrehung der Stellung beim Füllen des Ballons. Beim Füllen mit Gasen und Dämpfen muſs der Apparat erst einige Male evacuirt werden; bei Dämpfen wird der ganze Apparat in ein Oelbad gesetzt, das auf etwas höherer Tempertur erhalten wird, als die eines mit dem Apparat communicirenden kleinen Dampfkessels ist; die Wanne des Oelbades gestattet durch ein kleines Fenster die Beobachtung des Quecksilberniveau. Bei diesem Apparat muſs auf das Einschleifen des Hahnkükens groſse Sorgfalt verwandt werden, und die Bohrung eng seyn; der Verschluſs der abgeschliffenen Ränder ist mittelst eingelegter dünner Kautschukringe sehr gut herzustellen.

Zur Bestimmung von *k* ist ferner eine sehr genaue Ermittelung der Capacität der Glascylinder nöthig, da der hierbei gemachte Fehler sich in *k* vervielfacht. Mit Hülfe dieses Apparats wird man, meiner Meinung nach, μ bis auf die dritte Decimale genau finden können.

Die Gesichtspunkte, die sich zunächst bei dieser Untersuchung darbieten, sind:

1) Hat μ für dasselbe Gas unter allen Umständen denselben Werth wie Gay-Lussac und Welter angeben?

2) Hat μ für verschiedene Gase einen verschiedenen Werth, wie Dulong angiebt?

3) Besteht das Gesetz, das Dulong nach seinen Versuchen für wahrscheinlich hält (*Ann. de chim. et de phys.*

41, 156), dafs »alle Gase, bei gleichem Volum, Spannung und Temperatur durch eine gleiche Verdichtung gleiche absolute Wärmemengen entwickeln«, welches Gesetz in der Formel $\frac{\mu-1}{\mu} c = C$ enthalten ist, wo c die Wärmecapacität, auf das Volum bezogen, C eine Constante ist.

Endlich wird die Bestimmung von μ für Dämpfe vielleicht einiges Licht auf das Gesetz der Spannungszunahme gesättigter Dämpfe mit der Temperatur werfen; übrigens fehlt es auf diesem Felde der Physik noch an manchen Untersuchungen, und Speculationen, wie die von Laplace (auch in dem schon erwähnten Aufsatze von Poisson enthalten) über die in Dämpfen enthaltenen Wärmemengen, können unmöglich zu richtigen Resultaten führen, so lange die Elemente der Beobachtung noch so, wie es der Fall ist, im Argen liegen.

Es sey mir gestattet, diese Behauptung, obgleich nicht direct zum Gegenstande der bisherigen Untersuchung gehörig, kurz darzuthun.

Man weifs über die Dichtigkeit des gesättigten Wasserdampfs, über Ausdehnungscoëfficient und Wärmecapacität des Wassergases durchaus nichts Sicheres.

Ueber den ersten Punkt findet man allerdings in vielen Lehrbüchern der Physik die ausführlichsten Tabellen, die jedoch, unter ganz falschen Voraussetzungen berechnet, völlig werthlos sind und nur dazu dienen, dem Studirenden eine ganz irrige Meinung über den Grad der Vollendung dieses Zweiges der Physik beizubringen. Bei dieser Berechnung ist nämlich:

1) das Mariotte'sche Gesetz zu Grunde gelegt, dessen Richtigkeit nur für die sogenannten permanenten Gase beobachtet ist, während die anderen Gase um so gröfsere Abweichungen zeigen, je näher sie ihrer Condensationsgränze sind. So verhalten sich nach Despretz (*Ann. de chim. et de phys.* 34) bei gleichen Verdichtungen die Elasticitäten von Luft und Ammoniakgas folgendermafsen:

Luft

Luft	1,819^m	2,582^m	3,863^m
Ammoniakgas	1,850^m	2,663^m	4,132^m

Nach Wrede (*Ann. pharm.* 38) trifft das Mariotte'sche Gesetz bei der Kohlensäure erst bei dem Druck von $\frac{1}{3}$ Atmosphäre genau zu.

Es ist dabei 2) der Ausdehnungscoëfficient des Wassergases dem der Luft gleich angenommen, nach Gay-Lussac's Angabe. Durch die übereinstimmenden Versuche von Magnus und Regnault ist jedoch bewiesen, dafs leicht condensirbare Gase einen merklich gröfseren Ausdehnungscoëfficienten haben als die sogenannten permanenten Gase. Nach Magnus ist der Ausdehnungscoëfficient der Luft $= 0{,}366$, der schwefligen Säure $= 0{,}386$; Regnault giebt ähnliche Werthe (Magnus, in Pogg. Ann. Bd. 57, S. 177, Regnault ebendas. S. 115). Bei Dämpfen im Sättigungszustande wird diese Abweichung vermuthlich noch viel bedeutender seyn.

Uebrigens geben die Resultate Regnault's über den Ausdehnungscoëfficienten der Luft unter verschiedenem Druck, wonach derselbe mit dem Druck ziemlich merklich zunehmen soll, der Vermuthung Raum, dafs bei allen diesen Versuchen eine Fehlerquelle unberücksichtigt blieb. Es verträgt sich dieses Resultat nämlich nicht mit dem Mariotte'schen Gesetz, das doch andererseits für die Luft bis zu 27 Atmosphären festgestellt ist; denn, wenn das Verhältnifs der Dichtigkeiten $\frac{\varrho}{\varrho_0}$ ist bei dem Verhältnifs der Elasticitäten $\frac{p}{p_0}$ und bei 0° der Temperatur, so würde nach Regnault bei 100° das Verhältnifs der Dichtigkeiten bei denselben Spannungen $= \frac{\varrho}{\varrho_0} \cdot \frac{1+\alpha_0}{1+\alpha}$ seyn, wo α_0, α die verschiedenen Ausdehnungscoëfficienten sind, während doch das Mariotte'sche Gesetz für beide Temperaturen $\frac{\varrho}{\varrho_0} = \frac{p}{p_0}$ verlangt. Die Bestimmung der Dichte des Wasserdampfs durch Gay-Lussac bezieht sich auf ungesättigten Dampf. Muncke, der durch dasselbe Ver-

fahren die Dichte des Dampfes in möglichster Nähe des Sättigungszustandes zu bestimmen suchte, fand gröfsere Werthe (Gehler's Wörterbuch Bd. 2 neue Folge). Southern und Crighton (ebendaselbst) fanden durch Abwägung von Dampf, der bei verschiedenen Spannungen aus einem Dampfkessel genommen, also gesättigt war, folgende Relationen:

Temperatur.	Druck.	Dichtigkeit.
87°,56 R.	1,375 Atm.	0,00082755
105°,78 »	2,75 »	0,00170140
116°,89 »	4,02 »	0,00247620

Hiernach wären also die Dichtigkeiten merklich proportional dem Druck.

Was den dritten Punkt anbelangt, » die Wärmecapacität des Wassergases «, so ist dieselbe durch einen einzigen Versuch von La Roche und Bérard bestimmt, und zwar indirect, aus der Wärmecapacität feuchter Luft, deren Wassergehalt aus der Temperatur, bei der sich die Luft mit Wasser sättigte, berechnet ist. Auf diese Weise wird ein Fehler begangen, der, wegen der geringen Menge des Wassergases im Verhältnifs zur Luft, nothwendiger Weise im Resultat noch bedeutend gröfser wird; daher glaube ich, dafs der von diesen Physikern gegebene Werth durchaus unzuverlässig ist.

Schliefslich möchte ich noch die Aufmerksamkeit der Physiker auf einen Fall von Temperaturänderung durch Volumänderung hinlenken, der, von ausgezeichneten Beobachtern constatirt, völlig unerklärt dasteht, auch, wie es mir scheint, wenig bekannt ist, da ich denselben in keinem Lehrbuche erwähnt gefunden habe.

Gay-Lussac beobachtete nämlich in Gegenwart von Laplace und Berthollet (Leslie so wie auch Clément und Désormes haben später dasselbe gefunden), wenn er zwei gleich grofse Ballons, den einen luftleer, den andern mit Luft oder einem anderen Gas gefüllt, an einander schrob und durch Oeffnung eines Hahns die Verbindung zwischen beiden herstellte, nach Herstellung des

Gleichgewichts eine Temperaturerniedrigung in dem anfänglich mit Luft gefüllten Ballon, dagegen eine ziemlich eben so grofse Temperaturerhöhung im andern.

Es wurden diese Temperaturänderungen an Weingeistthermometern in der Mitte der Ballons beobachtet. Die kleinen beobachteten Aenderungen von 0°,5 bis 1° entsprechen begreiflicher Weise viel gröfseren augenblicklichen Veränderungen in dem Gas selbst.

Diese Temperaturerhöhung in dem einen Ballon scheint dem in diesem Aufsatze gelehrten Verhalten der Gase bei plötzlichen Volumänderungen durchaus zu widersprechen, wonach man in beiden Ballons dieselbe Erkaltung erwarten sollte. (Man findet diese Beobachtungen in Gilb. Ann. Bd. 30.)

Clément und Désormes suchen diese Erscheinung aus einer Temperatur und Wärmecapacität des Vacuums zu erklären, (*Bibl. univ., science et arts, T.* 13, *p.* 14) woraus diese Physiker überhaupt alle Temperatur- und Wärmecapacitäts-Aenderung durch Volumänderung herleiten. Gay-Lussac verwirft jede Erklärung aus dem Vacuum; nach ihm enthält das Vacuum keine Wärme, denn ein Thermometer, in die weite Torricelli'sche Leere eines Barometers eingeschlossen, zeigte bei plötzlichem Neigen oder Wiederaufrichten des Barometers nicht die geringste Temperaturänderung.

Es dürfte dieser Versuch übrigens wohl nicht als ein Beweis gegen die Wärme des Vacuums gelten, denn nach der heutigen Anschauungsweise ist das Vacuum ein von Aether erfüllter Raum, sonst könnte dasselbe das Licht nicht hindurch lassen, d. h. die Aetherschwingungen nicht fortpflanzen; an diesem Aether haften die Wärmephänomene wie die Lichtphänomene des Vacuums. Ebenso wenig, wie uns nun durch Evacuation eines Raumes die Entleerung desselben vom Aether möglich ist, kann auch eine rasche Volumänderung des Vacuums den Aether merklich verdichten oder verdünnen. Clément und Désormes nehmen ein erschwertes Entweichen des Aethers durch Ge-

genwart der Luft an, ähnlich, wie die Luft aus einem Haufen Federn beim Zusammendrücken nicht plötzlich entweichen kann.

Wenn diese Erklärung richtig ist, so werden wahrscheinlich bei einer plötzlichen Volumänderung des Vacuums analoge Lichtphänomene auftreten.

Jedenfalls ist eine Wiederholung dieser Versuche, und zwar mit Bestimmung der Erwärmung aus der Elasticitätszunahme, und unter abgeänderten Umständen höchst wünschenswerth.

II. *Neues Verfahren zur Bestimmung des Wassergehalts der Atmosphäre.*

Zufolge einer Mittheilung des Dr. Andrews auf der letzten Versammlung britischer Naturforscher, zu Ipswich im Juli 1851, ist Manganoxyd und noch besser gepülverter Alabaster oder Gyps, im gut getrockneten Zustand, ein eben so hygroskopischer Körper als das geschmolzene Chlorcalcium, dessen Darstellung und Aufbewahrung immer einige Schwierigkeit hat. Als er feuchte Luft, gleich viel, ob schnell oder langsam, successive über eine der ersten Substanzen und dann über grob gepülvertes Chlorcalcium (beide eingeschlossen in *U*-förmige Röhren) hinwegleitete, zeigte das letztere keine nachweisbare Gewichtszunahme, obwohl die angewandte Waage noch 0,0001 Gran angab. Darauf hin hat Hr. Dr. Andrews einen eignen, als Hygrometer zu gebrauchenden Apparat construirt. (*Athenaeum, Juli,* 1851.)

III. *Ueber den Zusammenhang des specifischen Gewichtes chemischer Verbindungen mit ihrer Auflöslichkeit in Wasser, nebst einer daraus abgeleiteten Theorie der Wahlverwandtschaften;* *von Dr. P. Kremers.*

(Der physikalischen Gesellschaft zu Berlin mitgetheilt am 24. Oct. 1851.)

Wenn Berthollet durch viele Gründe zu der Annahme berechtigt wurde, dafs alle Körper gegen einander eine gröfsere oder geringere Verwandtschaft haben, so war es wohl nur die allzugeringe Menge damals bekannter Thatsachen, welche seinen Schlüssen eine weitere Ausdehnung versagte. Hätte er auch aus dieser grofsen Entdeckung den Schlufs gezogen, dafs die Anziehung des Wassers, welche dasselbe einem anderen Körper gegenüber äufsert, oder mit andern Worten, dafs die Auflöslichkeit eines Körpers in Wasser in einer gewissen Beziehung stehen müsse mit seinem specifischen Gewichte, so wäre diefs damals nur ein kühner Gedanke gewesen, der aller positiven Beweise gänzlich entbehren mufste. Unmöglich hätte Berthollet alle die Fragen beantworten können, die bei dieser Hauptfrage in Betracht kamen, die ein halbes Jahrhundert nach ihm nur so theilweise beantwortet hat, dafs auch noch jetzt der geringste Beitrag zur Lösung dieser Frage als ein grofser Gewinn angesehen werden mufs. Wenn man erwägt, wie viele und schwer zu beseitigende Schwierigkeiten sich der Bestimmung der specifischen Gewichte entgegenstellen, so dafs noch Karsten, um mich seiner eigenen Worte zu bedienen, es fast nur als Zufall betrachtet, wenn das specifische Gewicht ein und desselben Körpers bei der Wiederholung des Versuchs bis auf 1 oder 2 Hunderttheile übereinstimmend gefunden wird [1]), so kann jeder Versuch, Kriterien über ihre Richtigkeit anzugeben, oder mit Hülfe eines leitenden Gedankens aus der grofsen Masse einzelne

1) Journal f. Chem. und Phys. von Schweigger-Seidel, LXV. 408.

herauszugreifen, nur als sehr erwünscht erscheinen. Im Folgenden werde ich versuchen, so weit es wenigstens mit unseren jetzigen Mitteln möglich ist, diesen Zusammenhang in seine Einzelnheiten zu verfolgen. Zuvor will ich indessen bemerken, dafs ich in dieser Abhandlung bei Anführung von Salzen mich der Wasserstoffsäurentheorie bedient habe und zwar hauptsächlich deshalb, weil es sich hier ja nur um eine Anschauungsweise handelt und ich alsdann auch manche der schon vorhandenen Rechnungen benutzen konnte.

Es versteht sich von selbst, dafs man bei dem Aufsuchen eines Zusammenhanges zwischen dem specifischen Gewichte chemischer Verbindungen und ihrer Auflöslichkeit in Wasser die grofse Masse in einzelne Gruppen sondert. Es stehen hier zwei Wege offen. Entweder gruppirt man alle die Salze zusammen, welche einen gemeinschaftlichen Salzbilder, oder alle die, welche ein gemeinschaftliches Radical haben. Bei der ersten Art der Gruppirung, der der Salzbilder, gelingt es nicht, den obigen Zusammenhang für ganze Gruppen auch nur annähernd zu zeigen, weil das so sehr verschiedene specifische Gewicht der einzelnen Radicale sich auch in ihren Verbindungen äufsert und mit der Auflöslichkeit keineswegs gleichförmig ab- oder zunimmt. Nimmt man indefs in jeder einzelnen Gruppe eine Scheidung vor und zwar dergestalt, dafs stets die Salze der leichten [1]) Metalle von denen der schweren getrennt werden, so ist der obige Zusammenhang nicht zu verkennen. In der angehängten Tabelle I. habe ich sämmtliche chemische Verbindungen, für deren specifisches Gewicht ich Angaben fand, nach diesem Princip geordnet. Bei einer näheren Betrachtung derselben ergiebt sich, dafs die schwefelsauren, salpetersauren und chromsauren Salze sämmtlich, so viele wenigstens bekannt sind, sich diesem Gesetze unterordnen, bei allen übrigen ist dasselbe, wo grofse Differenzen in der Löslichkeit stattfinden, allerdings nicht zu verkennen, allein im Einzelnen noch keineswegs durchzu-

1) Kopp, Ueber das spec. Gew. der chem. Verbindungen. Frankfurt a. M. 1841.

führen. Es führte mich indefs die Art und Weise, wie ich die Löslichkeit schwerlöslicher Salze bestimmte, nämlich indem ich eine und dieselbe Quantität eines Salzbilders der Reihe nach durch verschiedene Radicale präcipitirte und so lange verdünnte, bis diefs nicht mehr geschah, zu der Vermuthung, es möchten vielleicht nicht blofs die Gewichtseinheiten, sondern auch die Atome[1]) es seyn, deren Schwerlöslichkeit gleichmäfsig mit dem wachsenden specifischen Gewichte zunimmt. Ich habe daher die verhältnifsmäfsige Löslichkeit der Atome ebenfalls in dieser Tabelle angeführt, und habe dabei die schwefelsaure Magnesia als Ausgangspunkt gewählt. Ohne dafs durch diese Umänderung der für die schwefelsauren, salpetersauren und chromsauren Salze eben dargelegte Zusammenhang des specifischen Gewichtes mit der Auflöslichkeit im mindesten beeinträchtigt wird, so zeigt sich derselbe nunmehr auch bei sämmtlichen kohlensauren Salzen und es finden sich nur noch einige Ausnahmen bei den Chlor- Brom- und Jodmetallen. Es ist indefs immer noch Grund vorhanden, ein Bestehen desselben auch hier zu vermuthen. Da nämlich das specifische Gewicht des Chlorbleis zweifelsohne etwas höher ist, als das in der Tabelle angeführte, indem nach Karsten's Angabe dasselbe zwischen 5,68 und 5,80 schwankt, und man also berechtigt ist, es zwischen Chlorquecksilber und Chlorsilber zu setzen, so beschränken sich die Ausnahmen in der Gruppe der Chlorverbindungen auf die vier ersten Metalle, deren specifische Gewichte sowohl als auch deren Löslichkeit so nahe an einander gränzen, dafs oft nur geringe Aenderungen nöthig sind, den obigen Zusammenhang herzustellen. Was nun die Bromverbindungen betrifft, so wäre auch hier völlige Uebereinstimmung mit dem Obigen, wenn nur das schwerlöslichere Bromsilber ein höheres specifisches Gewicht hätte, als das leichter lösliche Bromblei. Es möchte diefs indefs weniger durch eine Aenderung des specifischen Gewichts des Brom-

1) Wenn ich in dieser Abhandlung von Atomen rede, so identifizire ich dieselben mit den Aequivalenten.

bleis erreicht werden, indem ich selbst das specifische Gewicht des Brombleis zu 6,611 bei 17,5° C., also nahe gleich dem von Karsten angegebenen Werthe fand[1]). Die Jodverbindungen endlich möchten, als bisher noch weniger häufig untersuchte Verbindungen, auch wohl weniger Berücksichtigung verdienen.

Dafs ich bei Angabe der Löslichkeit schwerlöslicher Verbindungen eigenen Erfahrungen den Vorzug gab vor anderen, wird wohl in der so grofsen Verschiedenheit der Angaben einen hinreichenden Grund finden. So schwanken z. B. die Angaben über Löslichkeit von sonst glaubwürdigen Autoren beim kohlensauren Kalk von 10000 bis 16000, beim kohlensauren Baryt von 4000 bis 14000, beim sshwefelsauren Strontian von 7000 bis 15000. Ich benutzte bei der Bestimmung der Löslichkeit schwerlöslicher Verbindungen, wie schon oben erwähnt, die Methode des Ausfällens, indem man so wenigstens sicher ist, stets eine gesättigte Lösung zu haben. Es kommt hier indefs auch die Frage in Betracht, ob nicht das präcipitirende Mittel zugleich auch wieder auflösend wirkt. Wo diese Eigenschaft bisher beobachtet wurde, da habe ich natürlich die Löslichkeit auf diese Weise nicht bestimmt; in den übrigen Fällen dagegen glaubte ich darin eine Controlle zu haben, dafs ich die Löslichkeit zweimal bestimmte und zwar einmal vom Salzbilder, das anderemal vom Radical ausgehend. Es ist doch wohl kaum anzunehmen, dafs, wenn man z. B. die Löslichkeit des kohlensauren Baryts einmal bestimmt, indem man zu einer titrirten Lösung eines Barytsalzes kohlensaures Kali hinzusetzt, das anderemal, indem man in eine titrirte Lösung eines kohlensauren Alkalis ein Barytsalz bringt, dafs dann die auflösende Kraft des kohlensauren Kalis für den kohlensauren Baryt gerade ebenso grofs ist, wie die des Barytsalzes. Uebrigens kann man auch hier durch Titriren beider Flüssigkeiten es leicht dahin bringen, dafs von dem präcipitirenden Mittel nur

1) Dasselbe wurde dargestellt durch Vermischen von salpetersaurem Bleioxyd mit Bromkalium; die Wägungen geschahen in Petroleum.

ein ganz geringer Ueberschufs in der Flüssigkeit enthalten ist. Es bleiben hier indefs immer noch einige Fehlerquellen, welche die auf diese Weise erhaltenen Resultate nur als annähernde betrachten lassen; ich habe sie auch nur deshalb angeführt, weil diese Methode für die analytische Chemie die brauchbarsten Werthe liefert, indem es hier sich ja darum handelt, wie viel eines schwerlöslichen Körpers bei seiner Bildung noch aufgelöst zurückbleibt.

Wenn es wohl nicht entgehen kann, dafs die mit Hülfe dieser Methode erlangten Zahlen durchgängig etwas niedriger sind, als die anderer Beobachter, so mag der Grund davon ein ähnlicher seyn, wie der, welcher auch bei leichtlöslichen Salzen ein etwas verschiedenes Resultat bedingt, je nachdem man eine kalt gesättigte Lösung sich verschafft, oder eine heifs gesättigte bis zu demselben Punkte erkalten läfst. Eigene Versuche haben mich davon überzeugt, dafs dieser Umstand bei den in Wasser schwerlöslichen Salzen in weit höherem Grade stattfindet als bei den leicht löslichen. So kann man z. B. aus einer Lösung von einem Gewichtstheil salpetersaurer Baryterde in 8000 Gewichtstheilen Wasser's die Baryterde durch einen Tropfen kohlensauren Kali's herausfällen. Nimmt man zur Auflösung des einen Gewichtstheils salpetersaurer Baryterde etwas mehr Wasser, etwa 11000 Gewichtstheile, so ist diefs nicht mehr möglich, allein es ist ebenso wenig möglich, die aus 8000 Gewichtstheilen Wassers herausgefällte kohlensaure Baryterde in eben demselben Ueberschusse aufzulösen. Bringt man ferner einen Tropfen schwefelsaurer Magnesia (0,6654 Grm. auf 160 CC. Wasser) in 192 Tropfen einer verdünnten Lösung eines Bleisalzes, so erhält man einen Niederschlag; es erscheint derselbe nicht, wenn man den Tropfen schwefelsaurer Magnesia zuerst in 192 Tropfen Wasser auflöst und dann ein Bleisalz hinzusetzt. Ein ähnlicher Fall tritt auch beim kohlensauren Bleioxyd ein.

Die Erklärung solcher Fälle liegt nahe und ergiebt sich aus dem, was schon Berthollet über die gegenseitige

Einwirkung sämmtlicher Körper festsetzte. Der Krystall strebt auch im Wasser Krystall zu bleiben und setzt der auflösenden Kraft desselben einen gewissen Widerstand entgegen, weil seine einzelnen Atome eine gegenseitige Anziehung ausüben, die das Wasser erst überwinden mufs; der im Wasser erst werdende Krystall setzt umgekehrt der Krystallisationskraft einen Widerstand entgegen, weil auch die einzelnen Wassertheile nicht ohne gegenseitige Einwirkung neben einander existiren. Diesen beiden entgegenwirkenden Kräften verdankt der Unterschied in der Auflöslichkeit seine Existenz.

Um nun zur zweiten Gruppirung überzugehen, der der Radikale, so findet man dieselbe in Tabelle II ausgeführt. Es sind hierbei natürlich die Zahlen dieselben geblieben. Von den eilf hier möglichen Gruppen sind sechs, nämlich die von Na, Ca, Mg, Sr, Hg und Zn, in welchen, auch ohne irgend eine Scheidung vorzunehmen, sich ein ähnliches Verhältnifs zeigt, wie in der vorigen Tabelle. Es wächst nämlich bei den Salzen ein und desselben Radikals das specifische Gewicht in demselben Verhältnifs, wie die Auflöslichkeit abnimmt. Die siebente Gruppe, die des Baryums würde ebenfalls den vorhergehenden beizuzählen seyn, wenn das specifische Gewicht des Chlorbaryums etwas niedriger, das des salpetersauren Baryts dagegen etwas höher wäre. Da überdiefs Karsten, dem das specifische Gewicht des Chlorbaryums entlehnt wurde, dasselbe als weniger zuverlässig bezeichnet, so möchte ein wiederholter Versuch gerade hier nicht ganz zwecklos seyn. Ich habe ebenfalls diese beiden specifischen Gewichte zu bestimmen gesucht. Das des salpetersauren Baryts bestimmte ich zu 3,228, mithin nur wenig höher als Karsten. Das des Chlorbaryums fand ich mit Karsten übereinstimmend zu 3,7; beide bei 17°,5 C.; es hatte sich indefs ein geringer Theil des letzteren während des Trocknens in kohlensauren Baryt umgeändert. Da dieser bekanntlich ein höheres specifisches Gewicht hat als Chlorba-

ryum, so ist es nicht unwahrscheinlich, dafs das wirkliche spec. Gewicht des Chlorbaryums etwas unter 3,7 liegt.

In den Salzen des Silbers zeigt sich der obige Zusammenhang bis zum Bromsilber. Da indefs, so weit ich wenigsteus durch die blofse Farbe der Trübung entscheiden konnte, die Löslichkeit der Atome Chlor-, Brom- und Jodsilber [1]) sich ebenso folgt, wie die von Chlor-, Brom- und Jodblei, Chlor-, Brom- und Jodquecksilber, so möchte schon mit dem kohlensauren Silberoxyd jene Reihe schliefsen, indem dessen specifisches Gewicht wohl nicht unter 6 liegt. Ich fand dasselbe, dargestellt durch Fällen von salpetersaurem Silberoxyd mit kohlensaurem Ammoniak, gerade 6 bei 17°,5 C. Dieser Umstand sowohl, als auch die ungewöhnlich hohen specifischen Gewichte des Brombleis und des Jodkaliums machen es sehr wahrscheinlich, dafs, wenn hier überhaupt an einem Zusammenhange gedacht werden kann, derselbe doch keineswegs so offen zu Tage liegt.

Vergleicht man beide Tabellen mit einander, so berechtigt unstreitig die erstere am meisten zu der Hoffnung, dafs eine fortgesetzte Berichtigung sowohl der specifischen Gewichte als auch der Auflöslichkeit chemischer Verbindungen dahin führen wird, diesen jetzt erst für eine gröfsere Anzahl von Fällen bewiesenen Zusammenhang allgemeiner darzuthun, oder die restirenden Ausnahmen genügend zu erklären.

Es wird nicht uninteressant seyn, die Schlüsse hervorzuheben, welche man aus obiger Beobachtung ziehen kann, die auch dann noch Interesse gewähren, wenn sie auch nur für obige Fälle Geltung haben sollten.

Es liegt nahe, dafs, wenn der schon mehrfach erwähnte Zusammenhang des specifischen Gewichtes und der Auflöslichkeit chemischer Verbindungen gleichmäfsig bei allen Temperaturen stattfindet, dafs alsdann das specifische Ge-

1) Es gelang mir nicht bei diesen drei Verbindungen eine Löslichkeit aufzufinden; selbst wenn nur ein Milliontel Silber in der Flüssigkeit enthalten war, zeigte sich stets noch eine blaue Färbung beim Eintröpfeln einer Chlor-, Brom- oder Jodverbindung.

wicht ein und derselben Verbindung, welche nur bei verschiedenen Temperaturen dargestellt wurde, verschieden seyn mufs. Die Richtigkeit dieses Schlusses wurde durch mehrere Versuche bestätigt. So zeigte der bei 14° C. herauskrystallisirte salpetersaure Baryt die spec. Gew. 3,240 und 3,242, wogegen dasselbe Salz bei 100° C. herauskrystallisirt die spec. Gew. 3,228 und 3,222 zeigte. Ebenso hatte schwefelsaures Natron, bei 60 bis 70° C. herauskrystallisirt, die spec. Gew. 2,654 und 2,658, wogegen dasselbe Salz, bei 100° C. herauskrystallisirt, die spec. Gew. 2,674 und 2,681 zeigte. Alle specifischen Gewichte gelten für 17°,5 C. Die einzelnen Salze wurden bei der Temperatur getrocknet, bei welcher sie herauskrystallisirt waren.

Eine fernere Folge ist die, dafs die specifischen Gewichte der aus dem Spiele der Wahlverwandtschaften hervorgehenden Salze in einem gesetzmäfsigen Zusammenhange stehen mit denen der ursprünglich zusammengebrachten. Betrachtet man z. B. die Zersetzungen durch doppelte Wahlverwandtschaft, so kann eine Zersetzung zweier in wäfsriger Lösung zusammengebrachter Salze nur dann stattfinden, wenn ein unter den obwaltenden Temperaturverhältnissen schwerlöslicheres Salz sich bilden kann, ein Satz, dem man schon bei Berthollet, ja sogar schon bei Bergmann begegnet. Steigt nun, dem Obigen zufolge, bei gleichem Radikal oder bei gleichem Salzbilder das specifische Gewicht mit der Schwerlöslichkeit, so mufs, wenn man die specifischen Gewichte der beiden ursprünglich zusammengebrachten Salze mit denen der aus der Zersetzung resultirenden vergleicht, wenigstens eins der beiden resultirenden specifischen Gewichte höher seyn als jedes der ursprünglichen. Das andere mufs ebenfalls höher seyn, wenn beide resultirenden Salze schwerlöslicher sind als die ursprünglichen, nie kann indefs das Umgekehrte stattfinden. Die Tabelle III. kann dazu dienen, diese Verhältnisse etwas näher zu veranschaulichen. Es sind in dieser Tabelle immer nur zwei leichtlösliche Salze in Betracht gezogen, von diesen aber auch alle, welche aus den von

Gmelin [1]) entworfenen Tabellen combinirt werden konnten. Was für diese gilt, findet auch bei den schwerlöslichen Salzen seine Anwendung. Man wird in dieser Tabelle das kurz vorher Angeführte bestätigt finden.

Summirt man die specifischen Gewichte der beiden resultirenden Salze, so ist es selbstredend, daſs in den Fällen, wo beide gröſser sind als die entsprechenden ursprünglichen, daſs da auch die Summe der beiden resultirenden gröſser ist, als die der ursprünglichen. Für die übrigen Fälle könnte man viele Schwankungen gewärtigen, allein sonderbarer Weise findet man, daſs auch hier die summirten specifischen Gewichte der beiden resultirenden Salze doch durchgängig eine gröſsere Zahl liefern, als die der beiden ursprünglich zusammengebrachten. Die wenigen Fälle, wo dieſs nicht stattfindet, (13 unter 93) sind eben solche, in welchen häufig ein und dasselbe Salz wiederkehrt, ein Umstand, welcher wohl zu beachten ist. So sind unter diesen 13 Fällen allein 5, in welchen Chlorbaryum sich findet, in mehreren andern finden sich die noch weniger untersuchten Brom- und Jodverbindungen. Ohne indeſs diese Fälle hier weiter zu beurtheilen, weil, auch für den Fall, daſs dieſs sich allgemein gültig zeigte, es doch weiter nichts als ein Curiosum wäre, so gehe ich zu einer Betrachtung über, welche an die vorhergehende sich unmittelbar anreiht.

In den Fällen, wo bei einer Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft die specifischen Gewichte der beiden resultirenden Salze beide höher sind als die der ursprünglichen, in diesen Fällen hat mit der Umsetzung der beiden Salze zugleich auch eine Verdichtung der sie bildenden Materie stattgefunden; ob dieſs indeſs auch in den übrigen Fällen stattfindet, wo nämlich nur ein resultirendes Salz ein höheres specifisches Gewicht hat, als das entsprechende ursprüngliche, darüber kann, da die Umsetzungen nach Atomen vor sich gehen, nur die Berechnung der verschiedenen Atomvolumina entscheiden. Ich habe daher

1) Handbuch d. Chem. I. 70. 4te Auflage.

in der Tabelle IV das Volum, welches die beiden aus einer Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft resultirenden Salze zusammen einnehmen, mit dem verglichen, welches die beiden ursprünglichen zusammen einnahmen. Unter den 93 Fällen, welche ohne alle Auswahl combinirt wurden, sind 60, in denen eine Umsetzung zugleich mit einer Verdichtung der Materie verbunden ist; bei den 33 übrigen ist diefs nicht der Fall. Zur Berechnung der Atomvolumina habe ich mich stets der in den Tabellen I, II und III angeführten specifischen Gewichte bedient, wenngleich ich auch durch Benutzung anderer die Zahl 33 noch etwas reduciren konnte.

Wenn man erwägt, dafs hier für jeden einzelnen Fall vier specifische Gewichte und aufserdem noch vier Atomgewichte in Betracht kommen, dafs ein unbedeutender Fehler im specifischen Gewichte gleich einen grofsen Unterschied im Atomvolum verursacht, welcher selbst wieder durch viele Fälle sich hinzieht, so ist die Vermuthung wohl nicht ganz ungegründet, es möchte der erstere Fall, der der Verdichtung, weiter verbreitet seyn und die übrigen Fälle möchten vieleicht nur deshalb ein entgegengesetztes Resultat liefern, weil die bisherigen Bestimmungen sowohl des specifischen als auch des Atomgewichts noch nicht den Grad von Genauigkeit erreicht haben, welcher zu einer solchen Beweisführung erforderlich ist. Es ist diefs um so mehr zu vermuthen, da nach Versuchen von Andrews [1]) bei allen Zersetzungen auf nassem Wege Wärme entwickelt wird und man wohl Grund hat, die Ursache derselben in einer Verdichtung zu suchen. Wäre es möglich die oben berechneten Volumänderungen auch experimentell nachzuweisen, so wäre hierin eine sichere Controlle bei der Beurtheilung der specifischen Gewichte gegeben, mag nun bei der Umsetzung eine Contraction, oder eine Expansion stattfinden.

Es gelingt leicht, mit Hülfe geeigneter Apparate beim Vermischen von Salzlösungen Volumveränderungen nach-

1) Diese Annalen Bd. LXXXI, S. 71.

zuweisen, wie diefs schon vor längerer Zeit Mitscherlich gethan hat. Ich bediente mich dazu des in beistehender Figur abgebildeten Apparates. Zwei Glaskugeln *a* und *b* communiciren durch eine enge Oeffnung *c*. Hiermit ist durch einen Kork eine winkelrecht zur Axe des Apparats stehende Haarröhre verbunden, in welcher ein Quecksilbertropfen sich befindet. Beim Füllen des Apparates bringt man die specifisch leichtere Flüssigkeit in die untere Kugel *b* und schichtet darüber in der Glaskugel *a* die specifisch schwerere. Hat man das Verhältnifs so abgepafst, dafs zwischen beiden Flüssigkeiten bei *c* ein kleiner Lufttropfen sich befindet, welcher ihre unmittelbare Berührung verhindert, so können dieselben so geschichtet stundenlang übereinander stehen, ohne sich im mindesten zu vermischen, was indefs sogleich geschieht, wenn man dem Apparate eine etwas schiefe Lage giebt. Die in wenigen Augenblicken eintretende Bewegung des Quecksilbertropfens zeigt alsdann die Volumveränderungen an. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dafs die ganze Vorrichtung sich in Wasser von der gewöhnlichen Zimmerwärme befindet. Es zeigt sich eine Volumverminderung bei der Zersetzung zweier Salze durch doppelte Wahlverwandtschaft überall da, wo kein unlösliches Salz herauskrystallisirt, ferner da, wo ein wasserhaltiges Salz sich ausscheidet. Wenn sich dagegen ein wasserfreies Salz ausscheidet, sey es nun wegen allzugrofser Concentration der beiden Salzlösungen, oder, was dasselbe ist, weil zwei Salze genommen wurden, welche beim Vermischen eine schwerlösliche Verbindung bilden, so war stets eine Volumvermehrung zu bemerken. Man würde indefs einen falschen Schlufs machen, wollte man diese Volumvermehrung einer bei der Umsetzung dieser

beiden Salze stattfindenden Expansion zuschreiben. Es wäre ja nur nöthig, die beiden ursprünglichen Lösungen so zu verdünnen, dafs beim Zusammengiefsen kein Niederschlag entsteht und man würde auch hier dieselbe Verdichtung beobachten, wie in den ersteren Fällen.

Es findet diese letztere Thatsache ihre Erklärung, wenn man sich die Auflösung eines Salzes in Wasser so vorstellt, wie die Auflösung der Wasserdämpfe in Luft. Wie hier die Luft, so birgt auch dort das Wasser zwischen seinen Atomen noch Räume, in welche einzelne Atome eines anderen Körpers wohl eindringen können, aber nicht ganze Gruppen von Atomen, wie sie bei Präcipitationen entstehen. Es ist daher in diesem zweiten Falle, wo eine Präcipitation erfolgt, die Volumvermehrung gleich der Differenz aus dem Volum des präcipitirten Körpers weniger der Contraction in Folge der Umsetzung. Da man die Differenz, sowie den ersten dieser beiden Factoren bestimmen kann, so ist der zweite leicht zu berechnen. Es ist hier indefs auch darauf Rücksicht zu nehmen, dafs auch Contractionen mit ins Spiel kommen, welche das Wasser selbst erleidet. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man in die untere Glaskugel *b* statt einer Salzlösung blofs reines Wasser bringt. Es wird dadurch die Frage etwas verwickelter; doch werde ich vielleicht binnen Kurzem im Stande seyn, durch eine Reihe vergleichender Versuche, angestellt mit einem ganz aus Glas gefertigten Apparate, in welchem an passenden Stellen Glashähne angebracht sind, zu entscheiden, wie viel von diesen Contractionen dem Wasser und wie viel den Salzen zugeschrieben werden mufs. Es erlaubt derselbe zugleich, die während der Umsetzung entwickelte Wärme zu beobachten und möchte dann vielleicht, was wohl zu vermuthen ist, sich ein einfacher Zusammenhang herausstellen zwischen der bei einer Umsetzung beobachteten Verdichtung und der zugleich entwickelten Wärme.

Es giebt übrigens noch eine andere Methode, deren man sich bei Entscheidung dieser Frage bedienen kann und welche

welche erlaubt, das Wasser ganz aus dem Spiele zu lassen. Es ist bekannt, dafs die Verwandtschaften, welche auf nassem Wege gelten, sich wohl umkehren, sobald die Massen in feurigen Flufs gerathen. Es sind der Fälle bisher nur wenige bekannt, weil es oft schwer hält, den Beweis zu liefern. So wurde diefs bewiesen, so viel mir bekannt, für CaS und $FeCO_3$ [1]), sowie auch für $CaPO_6$ und $NaSiO_4$ [2]), beide in Kohlensäure aufgelöst, ferner für $ZnCO_3$ und KSO_4 [3]), für $BaSO_4$ und $CaCl$ [4]), sowie auch für $PbSO_4$ und $NaCl$ [5]). Ist nun das specifische Gewicht einer Mengung bekannt, welche aus zwei auf nassem Wege neben einander existirenden Salzen besteht, und zwar aus einem Atom des einen und aus einem Atom des anderen Salzes, ist ferner dargethan, dafs beim Zusammenschmelzen dieser beiden Salze eine gegenseitige Zersetzung eintritt, so mufs sich diefs durch eine Aenderung des specifischen Gewichtes kund geben und zwar wird, dem Vorhergehenden zufolge, das specifische Gewicht des Schmelzrückstandes wenigstens in den meisten, wenn nicht in allen Fällen das niedrigere seyn. Es müssen indefs auch hier vergleichende Versuche angestellt werden, da man schon öfter beobachtet hat, dafs ein und dasselbe Salz einen geringen Unterschied im specifischen Gewichte zeigt, je nachdem man entweder das des pulverförmigen oder das des geschmolzenen nimmt und zwar findet man, dafs auch hier das geschmolzene das specifisch leichtere ist.

So beobachtete dieses Verhalten G. Rose [6]) beim Gold und Platin, Karsten [7]) beim Chlorsilber und Chlorblei.

Einige Versuche, welche ich bisher mit Gemengen aus gleichviel Atomen zweier auf feuerig flüssigem Wege sich zersetzenden Salze anstellte, lieferten ebenfalls für den

1) G. Bischof Lehrb. d. Geologie I., 935.
2) G. Bischof Lehrb. d. Geologie I., 711.
3) H. Rose anal. Chem. 1851 I., 98.
4) Berzelius Lehrb. der Chem. 5te Aufl. III., 354.
5) Gmelin Handb. d. Chem. 4te Aufl. III., 129.
6) Liebig und Kopp Jahresbericht für 1848. S. 38.
7) Annalen der Chemie und Pharmacie XXXVI. S. 26 und 27.

Schmelzrückstand ein niedrigeres specifisches Gewicht, als für das ursprüngliche Pulver. Um indefs beide specifische Gewichte mit einander vergleichen zu können, mufs der Schmelzrückstand selbst wieder zu feinem Pulver zerrieben und als solches bestimmt werden. Drei verschiedene Gemenge aus gleichviel Atomen kohlensauren Natrons und schwefelsaurer Baryterde wurden einzeln geschmolzen. Das specifische Gewicht eines jeden Gemenges war vorher bestimmt. Der ganze Schmelzrückstand wurde in jedem einzelnen Falle wieder gepulvert und als solches sein specifisches Gewicht bestimmt. Ich erhielt dabei folgende specifischen Gewichte:

vor der Umsetzung	3,411	3,430	3,456
nach » »	3,355	3,325	3,389.

Sämmtliche specifischen Gewichte gelten für 17°,5 C. Es zeigen diese drei Fälle ganz deutlich, dafs die Umsetzung, welche im feurigen Flusse vor sich geht, von einer Ausdehnung der Materie begleitet ist. Dasselbe ergiebt auch die Rechnung, indem sie den beiden ursprünglichen Atomen das Volum 591, den während der Umsetzung gebildeten dagegen das Volum 624 zuertheilt. Da indefs die obigen specifischen Gewichte nur dann einen Schlufs erlauben, wenn die Umsetzung vollkommen war und das Verhältnifs bekannt ist, in welchem luftförmige und flüssige Körper von den ursprünglichen und den resultirenden Salzen verdichtet werden, da auch, selbst wenn diefs gegeben ist, noch manche andere Schwierigkeiten die Richtigkeit dieser Versuche beeinträchtigen können, so begnüge ich mich hier damit, durch die angeführten Beispiele etwas wahrscheinlich gemacht zu haben, was vielleicht nur durch Versuche auf nassem und trocknem Wege entschieden werden kann. Jedenfalls verdient dieser Punkt einige Berücksichtigung, indem er nicht blofs als Stütze für die im Folgenden entwickelten Ansichten dienen, sondern auch in den Fällen unser Urtheil leiten kann, wo bisher noch nicht entschieden werden konnte, ob zwei Salze auf feurigflüssigem Wege sich zersetzen oder nicht.

Wenn man durch die im Vorhergehenden angeführten

Kriterien der specifischen Gewichte wohl versucht wird, durch verschiedenartige Combination diejenigen aufzusuchen, welche dem oben aufgestellten Princip am meisten genügen, so kann diefs nur mit der gröfsten Umsicht geschehen, indem keines auch nur um wenig verändert werden kann, ohne nicht die Aenderung einer grofsen Menge anderer herbeizuführen. Es kann indefs vielleicht die nähere Betrachtung der Art und Weise, wie die obigen Volumänderungen vor sich gehen unser Urtheil in diesem Punkte bestimmen; daher ich mich nunmehr zur näheren Erörterung der Ansicht wende, welche man sich über das Spiel der Wahlverwandtschaften bilden kann. Es kann diese indefs jetzt nur erst in ihren Hauptzügen angedeutet werden. Im Voraus mufs ich indefs bemerken, dafs ich hier ein Feld betrete, welches bisher nur wenige Bearbeiter gefunden hat, auf welchem kaum ein Schritt vorwärts gethan werden kann, es sey denn, dafs man manche gewagte Hypothese aufstellt.

Es werfen sich hier sogleich die Fragen auf: Erstrecken sich die Contractionen auf beide Salze, oder nur auf eins, erstrecken sie sich in jedem einzelnen Salze auf den Salzbilder und das Radical zugleich, oder nur auf eins von beiden? Wenn solche Fragen auf den ersten Augenblick fast unbeantwortbar scheinen, so haben doch bereits Kopp und Schroeder durch eine Reihe von Arbeiten auch hier manche schätzbare Thatsache gefördert, die als Ausgangspunkt für weitere Forschungen dienen kann, und die auch dieser Arbeit hin und wieder als Stütze dient.

Um nun zur Erörterung der obigen Fragen überzugehen, so sind dieselben beantwortet, wenn gezeigt wird, welchen Raum das Radical und welchen der Salzbilder in jedem der Tabelle IV. angeführten Salze einnimmt. Es kommt hier vor Allem eine Thatsache in Betracht, nämlich die Entdeckung Schroeder's, dafs die schweren Metalle im Gegensatze gegen die leichten [1]) in den verschiedenen Salzen mit ihrem ursprünglichen Atomvolumen enthalten sind; es ist diefs eine Thatsache, welche derartigen Un-

1) Kopp a. a. O.

tersuchungen stets als Ausgangspunkt diente, allein auch dieser einzige feste Punkt scheint zu wanken, wenn man demselben etwas näher tritt. Man kann nämlich mit einigem Recht vermuthen, dafs die Zusammenziehung, welche man beim Eintritte der leichten Metalle in eine Verbindung beobachtet hat, sich auch auf die schweren Metalle erstreckt und dafs sie bei diesen letzteren deshalb nicht wahrgenommen wird, weil sie eben nur sehr gering ist. Abgesehen von dem allmäligen Uebergange, welcher von der einen Gruppe zur anderen führt und eine so schroffe Scheidung nicht leicht zuläfst, so ist auch noch ein anderer und, wie es mir scheint, noch wichtigerer Grund, welcher für obige Annahme spricht. Vergleicht man nämlich die Verdichtungen sämmtlicher leichten Metalle mit einander, so kann, wie Tabelle V. zeigt, es nicht entgehen, dafs die Zusammenziehung der vier specifisch leichtern Metalle K, Na, Mg und Ca viel bedeutender ist, als die der beiden specifisch schwereren Sr und Ba; so dafs die Vermuthung wohl nahe liegt, es möchte die Zusammenziehung eines Metalls in demselben Maafse abnehmen, wie sein specifisches Gewicht zunimmt, bis zuletzt bei den schwersten Metallen der Verdichtungscoëfficient sich nur wenig von der Einheit unterscheidet. Es wäre zu viel verlangt, wollte man diese Abnahme gleichmäfsig bei allen Metallen bemerken, denn nur vier specifische Gewichte sind bestimmt, die beiden anderen von Kopp berechnet. Es ist daher wohl wahrscheinlich, dafs auch die schweren Metalle bei ihrer Vereinigung mit Salzbildern Verdichtungen erleiden, sie können indefs nur unbedeutend seyn; ein Gegenstand auf den ich später noch mehrmals zurückkommen werde. Es gewinnt dadurch den Anschein und steht auch mit andern Erfahrungen im besten Einklange, dafs bei einer Vereinigung zweier Körper ein jeder seine besondere Verdichtung erleide und zwar im umgekehrten Verhältnisse seiner eigenen Masse und im geraden der des gegenwirkenden Körpers. Es resultiren hieraus allerdings viele verschiedene Dichtigkeitszustände *ein und* desselben Körpers und zwar sowohl bei den Ra-

dicalen als auch bei den Salzbildern, doch wird diefs weniger befremden, wenn man erwägt, dafs auch Kopp[1]) durch seine Rechnungen zu der Annahme geführt wurde, dafs ein und derselbe Salzbilder in Verbindung mit verschiedenen Radicalen nicht stets dasselbe Volum einnehme, sondern mit der einen Gruppe ein gröfseres, mit der anderen ein kleineres. Betrachtet man diese verschiedenen Gruppen etwas näher, so zeigt sich unverkennbar, dafs die in Wasser schwerlöslichen Salze sich fast durchgängig in der Gruppe befinden, in welcher der Salzbilder mit dem kleinsten Volum enthalten ist. Es zeigt sich dieses Verhältnifs am deutlichsten bei den beiden Gruppen der schwefelsauren Salze.

Ist man sonach genöthigt, anzunehmen, dafs ein und derselbe Salzbilder bei seiner Wanderung von einem Radical der einen Gruppe zu einem der anderen eine so bedeutende Zusammenziehung erleidet, so kann es auffallen, den allerwärts in der Natur beobachteten Uebergang hier zu vermissen und mag es daher nicht uninteressant seyn, zu sehen, in wie weit sich derselbe auch hier statuiren läfst.

Von dieser Ansicht ausgehend habe ich das Volum, welches ein und derselbe Salzbilder in Verbindung mit verschiedenen Radicalen einnimmt, berechnet und zwar durfte ich hierzu nur solche Salze wählen, in welchen das Radical ein schweres Metall ist, indem blofs bei diesen die Verdichtung des letztern so gering ist, dafs dadurch das berechnete Volum des Salzbilders nur unbedeutend von dem wirklichen verschieden seyn kann. Es würden sich zu diesen Rechnungen am besten die Salze der specifisch schwersten Metalle eignen, doch sind deren bisher nur wenige auf ihr specifisches Gewicht untersucht worden. Es sind diese Rechnungen daher nur annähernde zu nennen, indem die Auffindung der wirklichen Werthe unmöglich ist. In der Tabelle VI. sind die verschiedenen Verbindungen nach diesem Princip zusammengestellt. Der kurz vorher angedeutete Uebergang, welcher darin besteht, dafs mit der abnehmendem Löslichkeit der Salze ein und des-

1) L. c.

selben Salzbilders gleichmäfsig auch das Volum des Salzbilders abnimmt, zeigt sich unverkennbar bei den schwefelsauren und kohlensauren Salzen, ferner bei den Chlorverbindungen, ist aber auch noch sichtbar bei den übrigen Gruppen [1]).

Wenn es nun erlaubt ist, von den schweren Metallen auf die leichtern zu schliefsen, so werde ich das Volum, welches die einzelnen Salzbilder in Verbindung mit den leichten Radicalen einnehmen, annähernd anzugeben versuchen, um, von hier aus weiter schreitend, auch andererseits das Volum der einzelnen Radicale in Verbindung mit den verschiedenen Salzbildern berechnen zu können. Wenn es auch noch nicht ermöglicht werden kann, ein Gesetz aufzufinden, nach welchem die Verdichtung des Salzbilders mit der Schwerlöslichkeit des Salzes fortschreitet, so kann man doch schon aus Tabelle VI. ersehen, dafs die Verdichtung keineswegs gleichmäfsig mit der Schwerlöslichkeit zunimmt, sondern dafs letztere der ersteren weit voraneilt. Es war dieses Princip, welches mich hauptsächlich leitete bei Angabe der Volumina, welche die Salzbilder in Verbindung mit den leichten Radicalen einnehmen. Es können dieselben, wie sie in Tabelle VII. angegeben sind, nicht sehr verschieden seyn von den wirklichen, indem sie durch gewisse feste Punkte, den Volumen der Salzbilder in Verbindung mit schweren Metallen, eingezwängt werden[2]).

1) Es kann hier nicht entgehen, dafs in den schwefelsauren Salzen sowohl als namentlich in den kohlensauren das Volum des mit Zink verbundenen Salzbilders unverhältnifsmäfsig gering ist. Da in der Gruppe der schweren Metalle das specifische Gewicht des Zinks eins der niedrigsten ist, so sprechen auch diese Fälle für die obige Annahme, dafs auch die schweren Metalle bei ihrem Eintritt in Verbindungen eine Verdichtung erleiden. Würde man hier für die schweren Metalle eine ihrer Masse umgekehrt proportionale Verdichtung in Rechnung bringen, so würde dadurch natürlich das Volum des gemeinschaftlichen Salzbilders in Verbindung mit Zink in gröfserem Maafse zunehmen, als in der mit jedem andern Metalle.

2) Auch diese Tabelle fordert in Uebereinstimmung mit der vorigen für den Salzbilder SO_4 in Verbindung mit Zn ein gröfseres Volum, indem die zwischen schwefelsaurem Zinkoxyd und schwefelsaurem Silberoxyd liegenden Salze sonst keinen Platz finden.

Berechnet man aus dieser Tabelle die Volumina, welche den Radicalen in Verbindung mit den verschiedenen Salzbildern zukommen, indem man vom Volumen des Salzes das des Salzbilders subtrahirt, so ergeben sich für die Radicale die in Tabelle VIII. angegebenen Werthe. Es können natürlich hier nur die leichten Metalle in Betracht kommen, da die schweren dazu dienten, die vorhergehende Tabelle zu berechnen. Diese letzte Tabelle VIII. zeigt hin und wieder, dafs auch in den Salzen ein und desselben Radicals die Dichtigkeit dieses letztern gleichmäfsig mit der Schwerlöslichkeit des Salzes zunimmt. Es zeigen diefs namentlich die Salze der Radicale Na, NH_4, Mg und Ca. Es ist ferner bemerkenswerth, dafs die Contractionen der verschiedenen leichten Radicale in Verbindung mit ein und demselben Salzbilder, aus dieser Tabelle berechnet, sehr deutlich zeigen, dafs diese gerade so abnehmen wie die Massen zunehmen und kann diefs eben so sehr beweisen, dafs die Zahlen der Tabelle VIII. keineswegs ganz willkührlich sind, als es auch die schon oben gegen die Nichtcontractilität der schweren Metalle angeregten Zweifel unterstützt. In der Tabelle IX. sind die Rechnungen ausgeführt. Es liefert dieselbe, einige wenige, leicht erklärliche Fälle abgerechnet, den besten Beweis für die oben aufgestellte Behauptung.

Man könnte hier noch weiter gehen, wollte man umgekehrt auch die Contractionen verschiedener Salzbilder unter dem Einflusse eines und desselben Radicals, wollte man die Contractionen eines Radicals unter dem Einflusse verschiedener Salzbilder, oder die eines Salzbilders unter dem Einflusse verschiedener Radicale mit einander vergleichen. Man würde dadurch nur immer mehr zu der Ansicht hingeführt, dafs ein jeder Körper, sey er nun Radical oder Salzbilder, verschiedene Dichtigkeitszustände besitzen kann, verschieden je nach der Einwirkung, welche der mit ihm verbundene Körper äufsert, dafs, wo eine Wahl stattfindet, jeder Körper dahin strebt, von wo er am meisten angezogen, wo er am meisten verdichtet wird, und dafs das ganze Spiel der umgekehrten Verwandtschaften in weiter

nichts besteht, als in Verdichtungen und darauf folgenden Verdünnungen, gleichsam in einem Auf- und Niederwogen der Materie.

Wenn Betrachtungen, wie die vorhergehende, mehr und mehr dahin führen, den Grund der chemischen Action in rein mechanischen Ursachen aufzusuchen, der allgemeinen Schwerkraft auch bei diesen Processen einen Wirkungskreis zuzuschreiben, so kann diefs indefs nur mit der gröfsten Vorsicht geschehen. Ich habe allerdings in dem Vorhergehenden zu zeigen gesucht, dafs ein Salzbilder oder ein Radical, wenn die Wahl freisteht, sich dahin begiebt, von wo es am stärksten angezogen, wo es am meisten verdichtet wird, allein ich bin weit entfernt davon, zu behaupten, dafs die gröfste Anziehung stets mit der gröfsten Masse verbunden sey. Weshalb ein und derselbe Salzbilder von einer geringern Masse oft mehr comprimirt wird, als von einer gröfsern, das mufs man einstweilen noch dahin gestellt seyn lassen und sich mit der gewöhnlichen Erklärung der chemischen Affinitäten begnügen. Es kann indefs vielleicht die folgende Betrachtung dazu dienen, diesem unbestimmten Ausdrucke, Affinität, wenigstens einigen Sinn zu unterlegen.

Man hat schon oft versucht, die Atomgewichte vieler Elemente als blofse Multipla von dem des Wasserstoffs anzusehen und zwar nicht ohne allen Erfolg. Man ist dadurch auf die Idee gekommen, es könnte ein Grundelement existiren, aus welchem die übrigen als bisher noch unzertrennbare Complexionen dieses einzigen hervorgehen. Es mufste dabei höchst auffallend seyn, dafs die Atomgewichte von ganz ähnlichen Elementen sich in der Art folgen, dafs sie stets eine Differenz von 8 zeigen. So ist z. B. das Atomgewicht des Sauerstoffs $=8$, des Schwefels $=16$, des Titans $=24{,}12$, des Phosphors $=32$, des Selens $=39{,}62$ etc. Es sind diefs bekanntlich Metalloide und die Frage liegt nahe: wo bleiben denn die Metalle? Nun zeigt es sich, dafs manche Metalle gerade in der Mitte zwischen zwei Metalloiden liegen. So liegt das Magnium, dessen Atomge-

wicht = 12,07 ist, in der Mitte zwischen Sauerstoff und Schwefel, das Calcium, dessen Atomgewicht = 20 ist, in der Mitte zwischen Schwefel und Titan, das Eisen, dessen Atomgewicht = 28 ist, in der Mitte zwischen Titan und Phosphor u. s. w. Wenn man nun jedes dieser Atomgewichte durch 4 dividirt, so erhält man natürlich bei den Metalloiden stets eine gerade, bei den Metallen dagegen stets eine ungerade Zahl, wie diefs die beiliegende Tabelle X zeigt. Man könnte sich hiernach vorstellen, dafs, wenn man mit 4 ein Grundelement bezeichnet, eine gerade Anzahl dieser Grundelemente, zu einer Complexion verbunden, ein Metalloid, eine ungerade dagegen ein Metall liefere. Es ist ferner nicht zu übersehen, dafs in jedem aus dieser Tabelle combinirten Salze, mag man dasselbe nun nach der Wasserstoffsäurentheorie oder nach der Sauerstoffsäurentheorie betrachten, stets der Salzbilder oder die Säure aus einer geraden Anzahl von Grundelementen, das Radical oder die Basis dagegen aus einer ungeraden Anzahl von Grundelementen zusammengesetzt betrachtet werden kann. $Ba + SO_4$ ist nämlich gleich $17 \times 4 + 12 \times 4$ und $BaO + SO_3$ ist gleich $19 \times 4 + 10 \times 4$. Da nun zwischen Metalloiden und Metallen eben sowohl als zwischen Salzbildern und Radicalen oder Säuren und Basen sich chemische Affinität zeigt, so wird man allerdings versucht, den nächsten Grund dieser entgegengesetzten Polarität, in der Combination einer geraden oder ungeraden Anzahl von Grundelementen zu suchen.

In dem Vorhergehenden habe ich versucht, verschiedene einzeln stehende Thatsachen miteinander zu verknüpfen, um so die eine aus der andern zu berichtigen. Die zu diesem Zwecke angeführten Berechnungen betrachten die Salze blofs im wasserfreien Zustande. Das mit den Salzen zugleich im festen Zustande verbundene Wasser werde ich in einer spätern Arbeit betrachten, woselbst ich denn auch einige hier nur angedeutete Thatsachen weiter ausführen werde.

(Die Tabellen folgen im nächsten Heft.)

IV. *Ueber die Form von aus runden Oeffnungen tretenden Luftströmen; von Carl Sondhaufs.*

Ich hatte bei einer akustischen Untersuchung, mit welcher ich gegenwärtig beschäftigt bin, Veranlassung, einige Versuche über die Gestalt der Luftströme anzustellen, welche durch in dünner Wand angebrachte Oeffnungen ausfliefsen, und habe hierbei einige Bemerkungen gemacht, welche vielleicht nicht ohne Interesse sind, besonders da die von mir beobachteten Erscheinungen zeigen, dafs die aus solchen Oeffnungen tretenden Luftströme eine grofse Aehnlichkeit mit Wasserstrahlen haben, deren Verhalten schon durch die Arbeiten ausgezeichneter Physiker bekannt ist.

Um den zu beobachtenden Luftstrom sichtbar zu machen, war es nothwendig, die durch die Oeffnung zu treibende Luft mit irgend einem Rauch zu mischen. Ich habe hierzu Tabaksrauch gewählt und den erforderlichen Apparat auf eine meinem gelegentlichen Zwecke entsprechende Weise aus vorhandenen Theilen zusammengesetzt. Zu einer genaueren Verfolgung der Erscheinungen würde ein bequemerer und zweckmäfsigerer Apparat nothwendig gewesen seyn. In den mittleren Hals einer grofsen dreihalsigen Flasche setzte ich nämlich ein 15 Mllm. weites und 2 Decimeter langes Messingrohr mittelst eines Pfropfens so ein, dafs noch ein etwa 4 Centim. langes Stück desselben aus dem Halse hervorragte. In das Messingrohr wurde eine brennende Cigarre, so dafs das brennende Ende nach oben gerichtet war, geschoben. Das Durchfallen der Cigarre wurde durch ein am untern Ende des Rohrs angebrachtes Drahtgitter verhindert. Das obere aus dem Halse der Flasche hervorragende Ende des Rohrs wurde hierauf durch eine zweckmäfsig gebogene Glasröhre mit dem Rohre eines Blasetisches in Verbindung gesetzt und mittelst desselben ein Luftstrom in die Flasche getrieben, welcher das Brennen der Cigarre unterhielt und die Flasche mit Rauch

füllte. Auf den einen der beiden andern Hälse der Wulff'schen Flasche ward ein mit einem Wasser-Manometer versehenes Rohr befestigt, auf den andern wurden die Apparate gesetzt, durch welche die zu beobachtenden Luftströme fliefsen sollten.

Die Oeffnungen, durch welche ich die Luft ins Freie strömen liefs, waren in dünnem Bleiblech ausgeschnitten und hatten eine kreisförmige Gestalt, da ein Paar mit drei- und viereckigen Oeffnungen angestellte Versuche kein Ergebnifs von besonderem Interesse dargeboten hatten. Der durch den Rauch sichtbar gemachte Luftstrom zeigte hierbei in der unmittelbaren Nähe der Ausflufsöffnung die der drei- oder viereckigen Gestalt derselben entsprechenden Kanten, rundete sich jedoch bald ab. Die von mir benutzten kreisförmigen Ausflufsöffnungen haben einen Durchmesser von 2 bis 6 Mllm. Der aus denselben tretende, durch den Rauch sichtbare Luftstrom ist bei einem mäfsigen Luftdrucke von ungefähr einem Zoll Wasserhöhe bis zu einer Entfernung von etwa einem Zoll von der Oeffnung scharf von der umgebenden Luft abgegränzt und sieht hier wie ein unbewegter beinahe cylindrischer Rauchfaden aus, in gröfserem Abstande von der Oeffnung aber wird er unruhig und breitet sich oscillirend aus. Der Durchmesser des Stromes ist in der Nähe der Oeffnung etwas kleiner als der Durchmesser der Oeffnung, so dafs also hier, ebenso wie beim Ausfliefsen einer tropfbaren Flüssigkeit aus einer in einer dünnen Wand angebrachten Oeffnung, eine Zusammenziehung des Strahles stattfindet.

Hält man diesem Luftstrome eine kleine, runde, ebne Platte so entgegen, dafs er dieselbe senkrecht und in der Mitte trifft, so prallt er von derselben zurück und breitet sich nach allen Richtungen in eine Fläche sternförmig aus. Diese Fläche der zurückgeworfenen Rauchstrahlen ist, wenn die entgegengehaltene Platte von der Ausflufsöffnung nur eine Entfernung von $\frac{1}{4}''$ bis $\frac{1}{2}''$ hat, gegen die Oeffnung hin concav und sieht, von oben gesehen, wie eine Glocke aus; entfernt man die Platte weiter von der Oeff-

nung, so breiten sich die Strahlen in eine Ebene aus und nehmen endlich, bei einer noch gröfseren Entfernung von etwa $\frac{3}{4}''$ bis $1''$, die entgegengesetzte Krümmung an. Ich habe, um die Vorstellung der Erscheinung zu erleichtern, versucht, die drei Phasen derselben in Fig. 4, 5 und 6 Taf. I. abzubilden. A ist eine Blechfassung, auf welche die mit der Ausflufsöffnung versehene Bleiplatte gekittet ist. Der Rauchfaden *aa* stöfst gegen die Platte *b*, welche mittelst des Biegels *c* an den Schieber *d* des nur in Fig. 4 theilweise abgebildeten verticalen Maafsstabes *E* befestigt ist. Die Fläche der zurückgeworfenen Rauchstrahlen erscheint in der Nähe der Platte *b* ruhig und continuirlich, in einer Entfernung von $\frac{1}{2}''$ bis $\frac{3}{4}''$ fängt sie aber an zu vibriren und mischt sich dabei mit der umgebenden Luft.

Ein gegen eine feste Platte stofsender Luftstrom zeigt also eine ähnliche Erscheinung, wie sie ein auf eine entgegengehaltene Platte stofsender Wasserstrahl nach den Untersuchungen von Savart [1]) und Magnus [2]) darbietet, und ich vermuthe, dafs ich noch eine gröfsere Uebereinstimmung gefunden haben würde, wenn ich die von mir beobachtete Erscheinung ebenso genau in allen Einzelnheiten hätte verfolgen können. Ich wurde jedoch durch die Arbeit des Hrn. Magnus noch zu einem andern Versuche veranlafst, bei welchem sich eine neue Aehnlichkeit in dem Verhalten von Luft- und Wasserströmen zeigte. Ich liefs nämlich zwei Luftströme, welche aus zwei einander gegenüberstehenden Oeffnungen traten, auf einander stofsen und fand, dafs sie ebenso von einander abprallen und sich nach allen Seiten in eine scheibenförmige Strahlenfläche ausbreiten, wie zwei auf einanderstofsende Wasserstrahlen. In Fig. 7 habe ich eine Seitenansicht der Erscheinung zu geben gesucht. *A* und *B* sind Stücke von zwei gebogenen Glasröhren, an deren Enden die mit den Ausflufsöffnungen versehenen Blechplatten *c* und *d* angekittet sind. Wenn die beiden Glasröhren so eingestellt

1) Pogg. Ann. Bd. 29, S. 356.
2) Pogg. Ann. Bd. 80, S. 1.

waren, dafs die beiden durch Rauch sichtbaren Luftströme eine gemeinschaftliche Axe hatten, so entstand ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Ausflufsöffnungen eine Anschwellung in dem Rauchfaden, von welcher aus der Rauch sich in einer auf der Axe der Ströme senkrechten Ebene ausbreitete. Wichen die Axen der Luftströme nur ein wenig von einander ab, so stellte sich jene Ebene schief gegen die Axen, wogegen bei gröfserer Verschiebung der Ausflufsöffnungen die schief gegen einander stofsenden Ströme sich seitwärts von einander abbogen, ohne jene oben erwähnte Anschwellung zu zeigen, und ohne sich in eine Strahlenfläche auszubreiten (Fig. 8).

Bei dem Zurückprallen der Luftströme von einander oder von ihnen entgegenstehenden Platten entsteht auch eine secundäre Bewegung in der umgebenden Luft, welche, wie Hachette angegeben, durch die Bewegung einer leichten Scheibe aus Papier oder dünner Pappe sichtbar gemacht werden kann. Der Hachette'sche Versuch, welcher wohl eine allgemeinere Beachtung verdient, als ihm zu Theil geworden zu seyn scheint, läfst sich auf verschiedene Weise darstellen. Eine der einfachsten Einrichtungen dürfte wohl die seyn, in welcher man einen Luftstrom mittelst des Blasetisches durch ein Glasrohr vertical in die Höhe treibt und die Platte, gegen welche der Luftstrom stofsen soll, am besten eine Glasscheibe, mit drei Füfsen versieht und darüber stellt. Die bewegliche, in der Mitte mit einem Loche versehene Scheibe, welche durch die secundäre Luftbewegung nach der festen Platte hin bewegt wird, ruht vor dem Beginn des Versuchs auf einem grofsen auf das gläserne Ausflufsrohr geschobenen Pfropfen. Da man das Ausflufsrohr selbst mehr oder weniger tief in das Rohr des Blasetisches schieben kann, so ist es leicht seine Mündung in die zweckmäfsige Entfernung von der festen Platte einzustellen. Will oder kann man keinen Blasetisch zu dem Versuche verwenden, so befestigt man ein rechtwinklich gebogenes Glasrohr an den einen Fufs des Apparats und treibt mit dem Munde den Luft-

strom gegen die Platte. Fig. 9 giebt eine Seitenansicht eines solchen Apparats, welchen man ohne Hülfe des Mechanikus selbst anfertigen kann. *aa* ist eine Glasscheibe, welche von den Beinen *bb*, *cc* und einem dritten, welches in der Figur weggelassen ist, getragen wird. Das rechtwinklich gebogene Glasrohr *dd* wird durch einen auf dem Beine *cc* verschiebbaren Korke gehalten und trägt selbst den ebenfalls verschiebbaren Kork *ee*, auf welchem die bewegliche Scheibe *ff* ruht. Will man den Apparat während des Versuchs in der Hand halten, so kann man die beiden andern Beine weglassen.

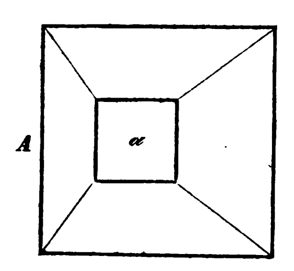
Es haben sich mir einige Bemerkungen über das Hachette'sche Phänomen dargeboten, welche ich mir noch kurz anzudeuten erlaube. Die bewegliche Scheibe, welche der durch den zurückprallenden Luftstrom erzeugten secundären Bewegung der Luft folgt, wird zunächst nicht fest an die entgegenstehende Platte angedrückt, sondern in einem gewissen, wenn auch kleinen Abstand, im Gleichgewichte gehalten, indem der von jener Platte zurückprallende Luftstrom sich zwischen der Platte und der beweglichen Scheibe in die oben erwähnte Strahlenfläche ausbreitet. Wenn man den Versuch in kleinem Maafsstabe ausführt, d. h. eine kleine Platte und Scheibe von etwa einem Zoll Durchmesser anwendet, so kann man zwischen beiden durchsehen. Dafs die gehobene Scheibe oscillirt und dadurch einen Ton erzeugt, ist bekannt; ich bemerke nur noch, dafs dieser Ton höher wird, wenn man den Luftdruck verstärkt oder eine kleinere Scheibe anwendet.

Die Platte, gegen welche der Luftstrom stöfst, kann auch kleiner als die bewegliche Scheibe, ja sogar etwas kleiner als die in der Mitte derselben ausgeschnittene Oeffnung seyn, und dennoch hebt sich die Scheibe und schwebt frei, wenn zwischen den Dimensionen derselben und der Stärke des Luftstroms das gehörige Verhältnifs stattfindet und die Platte die zweckmäfsige Entfernung von der Ausflufsöffnung hat. Ich habe zu diesem in kleinem Maafsstabe ausgeführten Versuche den in Fig. 4 abgebildeten Apparat

benutzt und statt der Papierscheiben kleine in der Mitte durchbohrte Korkscheiben angewendet. Der gehobene, frei schwebende Korkring zeigte hierbei noch eine andere Bewegung, indem er wie eine Turbine rasch um die Platte *b* rotirte.

V. *Ueber die Anwendung der Camera lucida zu einem Stereoscope; von E. Wilde.*

Zur Darstellung stereoscopischer Reliefs hat Hr. Prof. Dove in seiner lehrreichen Abhandlung über das *Prismenstereoscop* verschiedene Verfahrungsweisen angegeben, unter denen die erste [1]) nicht nur die einfachste ist, sondern auch die am leichtesten gelingende. Legt man nämlich, *wenn das Licht von der linken Seite her einfällt,* eine perspectivische Zeichnung irgend eines Körpers, z. B. die nebenstehende einer abgekürzten Pyramide, wie sie von dem rechten Auge gesehen wird, auf die horizontale Tischplatte, und bringt man hierauf vor das linke Auge ein gleichschenkelig-rechtwinkeliges Glasprisma (Prismenstereoscop), und zwar so, dafs die zur Rechten liegende Hypotenusenfläche vertical und die Kante der beiden Kathetenflächen horizontal ist, so werden die von der Zeichnung ausgehenden Strahlen in der unteren Kathetenfläche gebrochen, von der Hypotenusenfläche reflectirt, und in der oberen Kathetenfläche abermals gebrochen. Man sieht dann also, wenn der Theil *A* der Figur zur Linken liegt, eben diesen Theil im Spiegelbilde zur Rechten gelegen. Bringt man hierauf durch



1) Diese Ann. Bd. 83, S. 184.

eine geringe Bewegung des Kopfes die *äufseren Contouren* der mit dem rechten Auge unmittelbar gesehenen Figur und ihres mit dem linken betrachteten Spiegelbildes zur Deckung, so glaubt man mit eben so vollendeter Täuschung, wie in Wheatstone's Spiegelstereoscop, eine *erhabene* abgekürzte Pyramide zu erblicken. Wird aber die Figur umgekehrt, so dafs der Theil *A* zur rechten Hand liegt, so sieht man, sobald die äufseren Contouren der wieder mit dem rechten Auge unmittelbar gesehenen Zeichnung und ihres mit dem linken betrachteten Spiegelbildes zusammenfallen, die abgekürzte Pyramide *vertieft*. In beiden Fällen kehrt sich begreiflicherweise die stereoscopische Ansicht um, es wird aus dem erhabenen ein vertieftes und aus dem vertieften ein erhabenes Relief, wenn man die Zeichnung selbst mit dem linken Auge, und gleichzeitig mit dem rechten ihr Spiegelbild betrachtet.

Zu den in der genannten Abhandlung mitgetheilten Beobachtungsweisen läfst sich auch noch eine andere hinzufügen, die gleichfalls nur ein gleichschenkelig-rechtwinkeliges Prisma, aber zwei Zeichnungen, aufser der auf der vorigen Seite noch eine zweite eben solche erfordert. Man stelle nämlich die eine Figur an einen Ständer, etwa zwischen den Armen eines Retortenhalters, in verticaler Lage so auf, dafs der Theil *A* nach unten hin liegt. Dieser Figur gegenüber, auf welche das Licht wieder von der linken Seite her einfallen mag, bringe man hierauf das Prisma so vor das linke Auge, dafs die eine der Figur zugewandte Kathetenfläche vertical, die andere *nach oben hin* gekehrte also horizontal ist, und man wird in dem von der Hypotenusenfläche reflectirten Spiegelbilde den Theil *A* zur rechten Hand sehen. Legt man nun auf die horizontale Tischplatte unter das Prisma die andere Zeichnung, so dafs *A* linkshin gekehrt ist, und entfernt dann das Prisma von der verticalen Figur, bis wieder die äufseren Contouren der mit dem rechten Auge direct gesehenen horizontalen Zeichnung und des mit dem linken betrachteten Spiegelbildes der verticalen sich decken, so wird man

man eine erhabene abgekürzte Pyramide erblicken. Bringt man aber in der vertical hängenden Figur den Theil *A* nach oben, und in der horizontal liegenden denselben Theil rechtshin, so erscheint die Pyramide vertieft, wenn wieder das Spiegelbild mit dem linken Auge, und die horizontale Zeichnung unmittelbar mit dem rechten betrachtet werden. Hier und überhaupt bei diesen Versuchen treten die Reliefs lichtvoller hervor, wenn eine jede der beiden Zeichnungen auf ein gröſseres Stück weiſsen Papieres entworfen, der Hintergrund der Reliefs also hell ist.

Man sieht nun wohl, wie man sich auch der Camera lucida als eines Stereoscops bedienen könne, wenn man nur erwägt, daſs in diesem Apparate eine zwiefache Spiegelung stattfindet, und deshalb in dem Bilde, das zum Auge gelangt, eine Umkehrung der Seiten im Vergleiche mit denen des Gegenstandes selbst nicht erfolgen könne. Man muſs daher, sobald auch hier wieder das Licht von der linken Seite her einfällt, in der vertical hängenden Figur den Theil *A* nach oben hin bringen, wenn in dem Spiegelbilde, das in der Camera entsteht, die mit ihrer verticalen Seitenfläche dieser Figur gegenüber aufgestellt ist, eben dieser Theil zur Rechten erscheinen soll. Wird dann in der anderen Zeichnung, die auf der Tischplatte unter das Prisma der Camera gebracht ist, der Theil *A* linkshin gelegt, so erblickt man, sobald die Contouren dieser Zeichnung und des Bildes der anderen sich wieder decken, ein erhabenes Relief. Bringt man aber den Theil *A* in der verticalen Zeichnung nach unten, und in der horizontalen rechtshin, so erscheint das Relief vertieft, wenn man anders in beiden Fällen das Spiegelbild der verticalen Zeichnung wieder mit dem linken Auge und die horizontale selbst mit dem rechten ansieht. Auch hier und bei den vorigen mit zwei Zeichnungen angestellten Versuchen kehren sich die Reliefs um, wenn man das linke Auge mit dem rechten und dieses mit jenem vertauscht. Bei der gewöhnlichen Kleinheit des Prisma der Camera ist es zweckmäſsig, sie an ihrem Stativ zu lassen, und das Spiegelbild

ein wenig seitwärts vor der Richtung zu betrachten, in welcher die Lichtstrahlen auf die verticale Figur fallen, weil sonst durch den Kopf des Beobachters zu viel Licht dieser Zeichnung entzogen werden würde.

Die Camera lucida hat den Zweck, zu welchem sie Wollaston eigentlich bestimmt wissen wollte, immer nur in mangelhafter Weise erfüllt; ihre stereoscopische Wirkung aber ist eine eben so vollkommene, wie die des gleichschenkelig-rechtwinkeligen Prisma, so dafs sie die Stelle desselben vertreten kann.

Die stereoscopischen Reliefs entscheiden nicht nur in der Physiologie des Auges manche Fragen, die sonst immer streitig geblieben wären, sondern sie beseitigen auch jeden Zweifel an der bekannten Erklärung der scheinbaren Vergröfserung der Gestirne am Horizonte, die man zwar schon seit sieben Jahrhunderten wiederholt hat [1]), die aber doch vor der Erfindung des Stereoscops nicht

1) Die richtige Erklärung findet man zuerst bei dem Arabischen Optiker Alhazen, der in der ersten Hälfte des zwölften Jahrhunderts lebte (*Opticae thesaurus* Alhazeni, *ed.* Risnerus. *Basileae*, 1572. *lib. VII. pag.* 280). Die Behauptung Roger Baco's, dafs schon Ptolemaeus die Ursache des vergröfserten Durchmessers der Gestirne in derselben Weise, wie Alhazen, angegeben habe (Rogeri Baconis *Perspect. ed.* Combach, *pag.* 118), ist sehr wahrscheinlich eine irrthümliche. In dem von Ammiracus Eugenius (Siculus) aus dem Arabischen ins Lateinische übersetzten, der Pariser Bibliothek angehörigen Manuscripte der Optik des Ptolemaeus, das Alex. v. Humboldt zuerst untersucht und aus dem er schon vor Venturi und Delambre Auszüge mitgetheilt hat (*Recueil d'observations astronomiques etc. etc par* Alex. de Humboldt. *Paris*, 1810. *vol. I.* in der *Introduction pag.* 66—70), kommt allerdings eine diesen Gegenstand betreffende Stelle vor, die hier gegebene Erklärung aber ist von der, die wir bei Alhazen finden, durchaus abweichend. Ptolemaeus sagt hier nämlich, dafs uns ein und derselbe Gegenstand am Horizonte deshalb gröfser zu seyn scheine, als in einer beträchtlicheren Entfernung von demselben, weil wir ihn am Horizonte in gewohnter Weise (*secundum consuetudinem*) in horizontaler Richtung, in einer bedeutenderen Höhe aber auf eine ungewohnte Weise und mit einer Schwierigkeit der Action (*extra consuetudinem et cum difficultate actionis*) erblicken.

jedes Bedenken ausschlofs. Zeichnet man nämlich irgendwo an den äufseren Umfang der Seite 63. entworfenen Figur und zwar aufserhalb derselben ein Quadrat, das ich *b* nennen will, und das eben so grofs ist, als das innere Quadrat *a*, so scheint im erhabenen Relief, *obgleich die Sehwinkel beider Quadrate gleich sind*, *a* merklich kleiner als *b* zu seyn, weil *b* an seiner wahren Stelle auf der Ebene des Papieres gesehen, *a* also für näher liegend gehalten wird. In dem vertieften Relief dagegen erscheint *a* merklich gröfser als *b*, weil man das Quadrat *a* für entfernter hält.

VI. *Ableitung der Intensitäts- und Polarisations-Verhältnisse des Lichtringes bei der inneren konischen Refraction; von* Beer *in Bonn.*

Wir werden in dem Folgenden nur den einfachsten und interessantesten Fall der konischen Refraction betrachten, wo nämlich eine kreisförmige ebene Welle von geringem Durchmesser auf eine dicke Krystallplatte senkrecht und in der Richtung der optischen Axe auffällt. Hier spaltet sich die in den Krystall eindringende Welle in unendlich viele gebrochene Wellen, die der einfallenden an Gestalt gleich und parallel sind, und welche die zweite Fläche so treffen, dafs sich ihre Mittelpunkte gleichförmig auf den Umfang eines Kreises vertheilen. Ist *CC* Fig. *A* [1]) dieser Kreis, so läuft in einem seiner Punkte A_1 die Gerade aus, welche durch den Mittelpunkt der eindringenden Welle mit der einen optischen Axe parallel gelegt wird. Denken wir uns die Masse des Krystalles unterhalb der Ebene der Zeichnung, und ziehen durch den Mittelpunkt der eindringenden Welle eine Gerade, mit der zweiten optischen Axe parallel, so trifft sie die zweite brechende Fläche in einem

1) Auf Seite 75.

Punkte A_2, der rechts oder links vom Mittelpunkte O auf der Verbindungslinie $A_1 O$ liegt, je nachdem der Krystall positiv oder negativ ist.

Eine einzelne gebrochene Welle, deren Mittelpunkt in b zu liegen kommt, oscillirt parallel mit der Verbindungslinie $A_1 b$. — Sämmtliche gebrochene Wellen setzen sich zu einem Lichtringe zusammen, dessen Mittelpunkt O ist, und den es nach seinem Austritte aus der zweiten Fläche gestattet ist, zu beobachten. Die Intensitäts- und Polarisations-Verhältnisse der in die Luft getretenen ringförmigen Welle müssen, von der Schwächung der Intensität, die überall dieselbe ist abgesehen, mit denjenigen übereinstimmen, welche die Theorie dem ringförmigen Theile der zweiten Fläche vorschreibt, der von den gebrochenen Strahlen erleuchtet wird.

I. Die auffallende Welle sey geradlinig polarisirt; ihre Oscillations-Richtung sey tt, ihre Amplitude a.

Unter dx das Bogen-Element verstanden, theilen wir zunächst die einfallende Welle in $\frac{\pi}{dx}$ nach tt oscillirende Theilwellen von gleicher Intensität; ihre Amplitude wird $\frac{a}{\pi} dx$. Wir tragen ferner auf den Umfang CC die den Elementen dx entsprechenden Bogen oo', $o'o''$, u. s. w. auf, indem wir hierbei von dem Punkte o ausgehen, der so liegt, dafs $A_1 o$ auf tt senkrecht steht.

Von den so erhaltenen Theilwellen zerlegen wir eine nach der anderen in je zwei senkrecht zu einander polarisirte Composanten, deren Schwingungs-Richtungen $A_1 o$, $A_1 o'$ ... und die darauf senkrechten $A_1 \omega$, $A_1 \omega'$ ... sind. Dasjenige Composanten-Paar, dessen Schwingungen parallel mit $A_1 b$ und $A_1 \beta$ sind, erlangt die Amplituden:

$$\frac{a}{\pi} dx \,.\, \cos A_1 lt \text{ und } \frac{a}{\pi} dx \,.\, \sin A_1 lt.$$

Bezeichnen wir aber das Azimut oOb mit δ, und $oO\beta$ mit δ', so sind die Amplituden offenbar:

$$\frac{a}{\pi} dx \,.\, \sin \tfrac{1}{2} \delta \text{ und } \frac{a}{\pi} dx \,.\, \sin \tfrac{1}{2} \delta'.$$

Allgemein ist also die Amplitude der zum Azimut δ gehörigen Schwingung

$$\frac{a}{\pi} dx \,.\, \sin \tfrac{1}{2} \delta.$$

Die $\frac{2\pi}{dx}$ Composanten, in welche die einfallende Welle gespalten worden, gehen nun bei der Brechung so auseinander, dafs die einzelne den ihrer Oscillations-Richtung entsprechenden Weg verfolgt, d. h. diejenige Composante, deren Oscillationen mit $A_1 b$ parallel sind, legt sich mit ihrem Mittelpunkt auf b (die Begründung hiervon siehe in meinem früheren Aufsatze über diesen Gegenstand [1]). So vertheilen sich denn die kreisförmigen Composanten gleichmäfsig über den Umfang CC und die Oscillations-Richtung einer von ihnen erhält man in der Verbindungslinie ihres Mittelpunktes mit dem Punkte A_1.

Betrachten wir nun einen beliebigen Punkt p des Lichtringes, zu welchem sich die Theilwellen zusammensetzen, so erhellt, dafs ihm sein Licht von unendlich vielen Wellen wird. In der That, ist $ps_1 = ps_2 = r =$ dem Radius einer Theilwelle, so wird p von all den Wellen getroffen, deren Mittelpunkte zwischen s_1 und s_2 liegen. Die Oscillation in p ist also die Resultante aus den Oscillationen aller dieser Wellen. Wir finden ihre Gröfse und Richtung wie folgt.

Die Oscillationen der Wellen, welche den Punkt p treffen, liegen, wenn n der Durchschnitt des Kreises CC und des Radius Op ist und wenn $pos_1 = pos_2 = \varphi$ gesetzt wird, rechts und links von pn in den Azimuten

$$+\frac{\varphi}{2},\ +\frac{\varphi - dx}{2} \ldots\ldots + \frac{dx}{2},\ 0,\ -\frac{dx}{2},\ \ldots - \frac{\varphi - dx}{2},\ -\frac{\varphi}{2}$$

oder in den von oO an gerechneten Azimuten:

$$+\frac{\delta + \varphi}{2} \ldots\ldots + \frac{\delta + dx}{2},\ \frac{\delta}{2},\ \frac{\delta - dx}{2},\ \ldots,\ \frac{\delta - \varphi}{2},$$

wenn $oOp = \delta$ gesetzt wird.

Jenen Azimuten entsprechen aber die Amplituden:

1) Ann. Bd. 83, S. 194.

$$\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta+\varphi}{2}\;\ldots\;\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta+dx}{2},\;\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta}{2},$$

$$\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta-dx}{2}\;\ldots\;\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta-\varphi}{2}.$$

Jede Oscillation werde nun in zwei Composanten zerlegt, von denen die eine in die Richtung $A_1 n$, *die ursprüngliche Oscillations-Richtung des Radius* on *und seiner Punkte,* wie wir sie nennen wollen, die andere senkrecht darauf zu liegen kommt. Wir erhalten so die folgenden Reihen von Amplituden:

$$\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta+\varphi}{2}\,.\cos\frac{\varphi}{2}\;\ldots\;\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta+dx}{2}\,.\cos\frac{dx}{2},$$

$$\frac{a}{\pi}dx.\sin\frac{\delta}{2},\;\frac{a}{\pi}dx.\sin\frac{\delta-dx}{2}\cos\frac{dx}{2}\ldots\frac{a}{\pi}dx.\sin\frac{\delta-\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2},$$

und $\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta+\varphi}{2}.\sin\frac{\varphi}{2}\;\ldots\ldots\;\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta+dx}{2}\sin\frac{dx}{2},\;0,$

$$-\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta-dx}{2}\sin\frac{dx}{2}\ldots\frac{a}{\pi}dx\,.\sin\frac{\delta+\varphi}{2}\sin\frac{\varphi}{2}.$$

Die beiden Reihen von Oscillationen setzen sich zu je einer Resultanten zusammen. Bezeichnen wir diese bezüglich mit Y und X, so ist:

$$Y=\frac{a}{\pi}\int_{-\phi}^{+\phi}\sin\frac{\delta+x}{2}\cos\frac{x}{2}dx,\quad X=\frac{a}{\pi}\int_{-\phi}^{+\phi}\sin\frac{\delta+x}{2}\sin\frac{x}{2}dx.$$

Die Auswerthung dieser Integrale liefert:

$$Y=\frac{a}{\pi}\sin\frac{\delta}{2}(\varphi+\sin\varphi),\quad X=\frac{a}{\pi}\cos\frac{\delta}{2}(\varphi-\sin\varphi).$$

Was den in diesen Ausdrücken vorkommenden Winkel φ betrifft, so hat man, wenn $Op=\varrho$ und R für den Radius von CC gesetzt wird:

$$\varphi=arc\cos\frac{R^2+\varrho^2-r^2}{2R\varrho}.$$

Die drei letzten Formeln enthalten die vollständige Darstellung der Intensitäts- und Polarisations-Verhältnisse des Lichtringes. Bezeichnen wir nämlich die Intensität des Punktes p mit J und den Winkel, den seine wirkliche Oscillations-Richtung mit der ursprünglichen $A_1 n$ bildet, durch ψ, so ist:

$$J = X^2 + Y^2 = \frac{a^2}{\pi^2} \left\{ \varphi^2 + \sin\varphi^2 - 2\varphi \sin\varphi \cos\delta \right\} \text{ und}$$

$$\tang\psi = \frac{X}{Y} = \cotg\frac{\delta}{2} \frac{\varphi - \sin\varphi}{\varphi + \sin\varphi}.$$

Wir wollen jetzt die gewonnenen Resultate deuten.

1) Es sey $r < R$, so dafs ein eigentlicher Lichtring mit dunklem Central-Kreise sich bildet. Der Werth von φ, welcher auf jedem mit dem Ringe concentrischen Kreise constant bleibt, ist an der innern Gränze des letzteren, deren Radius $R - r$ ist, der Null gleich. Schreiten wir nach aufsen hin fort, so wächst φ und erreicht in einer Entfernung vom Centrum, die kleiner als R ist, und welche sich leicht aus dem Ausdrucke für φ ergiebt, einen Maximums-Werth. Hierauf nimmt φ wieder stetig ab, um an der äufseren Gränze des Ringes vom Radius $R + r$ zu verschwinden.

Denselben Gang wie der Winkel φ nimmt die Intensität für ein und denselben Werth von δ, also auf ein und demselben Radius. Auf ein und demselben Kreise hingegen nimmt die Intensität beiderseits von o in gleicher Weise stetig mit δ zu. Ihr Minimums-Werth auf dem Radius Oo ist $\frac{a^2}{\pi^2}(\varphi - \sin\varphi)^2$, ihr Maximums-Werth auf seiner Verlängerung $O\omega = \frac{a^2}{\pi^2}(\varphi + \sin\varphi)^2$.

Die Neigung der wirklichen und ursprünglichen Oscillations-Richtung nimmt von dem Radius Oo, wo sie $\frac{\pi}{2}$ beträgt, stetig bis zum Radius $O\omega$ ab, wo sie verschwindet. Ihr Sinn ist auf der einen Seite von o dem auf der anderen entgegengesetzt. Die Aenderung ihres absoluten Werthes jedoch ist auf beiden Seiten dieselbe.

2) Es sey $r = R$. Der dunkle centrale Theil des Ringes verschwindet. Sein Mittelpunkt wird von den Rändern aller Theilwellen durchsetzt, und diese setzen sich zu einem Lichte zusammen, das in Intensität und Oscillations-Richtung mit dem einfallenden übereinstimmt. Diefs leuchtet von vorn herein ein und wird auch durch unsere Formeln

bestätigt. Für den Mittelpunkt ist nämlich offenbar $\varphi=\pi$ zu setzen, obgleich der Ausdruck von φ mit abnehmendem Werthe von ϱ sich der Hälfte von π nähert; diefs rührt daher, dafs jener nur so lange gilt, als der aus p mit r geschlagene Kreis den Kreis CC in zwei bestimmten Punkten s_1, s_2 schneidet, was hier nicht der Fall ist, da jene Kreise ganz zusammenfallen. Für $\varphi=\pi$ wird aber:

$$J=a^2.$$

Der Winkel δ kann offenbar beliebig angenommen werden, und es wird für jedes δ

$$\psi=90^0-\frac{\delta}{2},$$

d. h. die Oscillations-Richtung fällt mit tt zusammen.

Der Werth von φ nimmt von den dem Mittelpunkt nächst gelegenen Punkten, wo er $=\frac{\pi}{2}$ ist, nach aufsen hin stetig ab, um an der äufseren Gränze zu verschwinden. Diefs ist auch der Gang der Intensität auf ein und demselben Radius; sie geht in dem dem Mittelpunkte nächst gelegenen Kreise von dem Maximums- und Minimums-Werthe $\frac{a^2}{\pi^2}\left(\frac{\pi}{2}-1\right)^2$ und $\frac{a^2}{\pi^2}\left(\frac{\pi}{2}+1\right)^2$ aus.

Von dem Mittelpunkte zu irgend einem ihm nächst anliegenden Punkte findet in Intensität und Oscillations-Richtung ein plötzlicher Sprung statt.

3) Wenn $r>R$ ist, so decken sich sämmtliche Theilwellen auf einem mit CC concentrischen Kreise vom Radius $r-R$. Für die Punkte dieses Kreises ist $\varphi=\pi$ und somit Intensität und Oscillations-Richtung dieselbe wie im Einfalls-Lichte. Es bildet sich ein Lichtring mit hellerem Central-Kreise.

Der Werth von φ nimmt hier, im Gegensatze zu dem vorigen Falle, von dem Umfange des centralen Kreises nach aufsen hin stetig vom Werthe π bis zur Null ab. Es findet daher auch ein stetiger Uebergang von der Intensität a^2 zur Intensität 0, sowie von der Oscillations-Richtung des einfallenden Lichtes zu den ursprünglichen

Oscillations-Richtungen der äufseren Lichtgränze beim Fortschreiten auf demselben Radius statt.

II. Nach dem Obigen ist es jetzt ein Leichtes die Verhältnisse in dem Falle zu beurtheilen, wo die Welle, welche die konische Refraction erleidet, nicht polarisirt ist. Alsdann besteht das auffallende Licht aus geradlinigen Oscillationen (oder zwei Reihen auf einander senkrechter Oscillationen, was die Sache nicht ändert), die durch alle Azimute hindurchlaufen.

Für einen bestimmten Punkt p ist δ nicht mehr constant; es durchläuft innerhalb einer sehr kurzen Zeit alle Werthe von $+\pi$ bis $-\pi$. In dem Punkte p finden also während dieser Zeit unendlich viele Oscillationen statt, welche sich in die folgenden Composanten-Paare zerlegen.

$$Y = \frac{a}{\pi}(\varphi + \sin\varphi),\ X = 0;\ Y = \frac{a}{\pi}\sin\frac{\pi + d\delta}{2}(\varphi + \sin\varphi),$$

$$X = \frac{a}{\pi}\cos\frac{d\delta}{2}(\varphi - \sin\varphi)$$

. . . .

$$Y = -\frac{a}{\pi}\sin\frac{\pi - d\delta}{2}(\varphi + \sin\varphi),\ X = \frac{a}{\pi}\cos\frac{\pi - d\delta}{2}(\varphi - \sin\varphi);$$

$$Y = -\frac{a}{\pi}(\varphi + \sin\varphi),\ X = 0.$$

Offenbar setzen sich diese der Zeit nach getrennten Composanten-Paare, in ihrer Gesammtheit genommen, zu theilweise polarisirtem Lichte zusammen. Für dieses können wir zwei Oscillations-Reihen setzen, von denen die eine aus den Composanten Y, die andere aus den Composanten X besteht. Jene bildet einen geradlinig nach der ursprünglichen Oscillations-Richtung schwingenden Strahl y, diese einen darauf senkrecht polarisirten x. Setzen wir die Intensität des einfallenden Lichtes $= a^2$, so ist die der Strahlen y und x bezüglich: $\frac{a^2}{2\pi^2}(\varphi + \sin\varphi)^2$ und $\frac{a^2}{2\pi^2}(\varphi - \sin\varphi)^2$. Wir können aber auch zweitens das theilweise polarisirte Licht ersetzen durch einen Strahl natürlichen Lichtes von der Intensität $\frac{a^2}{\pi^2}(\varphi - \sin\varphi)^2$ und einen Strahl geradlinig

polarisirten Lichtes, dessen Oscillationen in die ursprüngliche Oscillations-Richtung fallen, und dessen Intensität $\frac{2a^2}{\pi^2} \cdot \varphi \sin\varphi$ ist. *Das Maafs der theilweisen Polarisation* (der Quotient aus der Intensität des unpolarisirten Lichts in die des polarisirten) ist:

$$\frac{2\varphi \sin\varphi}{(\varphi - \sin\varphi)^2} = \frac{1}{\frac{\varphi}{2\sin\varphi} - 1 + \frac{\sin\varphi}{2\varphi}}.$$

Für die Gesammt-Intensität endlich ergiebt sich der Werth:

$$J = \frac{a^2}{\pi^2}(\varphi^2 + \sin\varphi^2).$$

Hieraus ergeben sich für den Fall, dafs eine kreisförmige Welle unpolarisirten Lichtes die konische Refraction erleidet die folgenden Verhältnisse.

1) Es sey $r < R$. In dem sich bildenden Lichtringe ist die Intensität für alle Punkte eines jeden mit ihm concentrischen Kreises constant. An der innern Gränze ist sie der Null gleich, hierauf nimmt sie bis zu einem innerhalb von CC gelegenen Kreise zu, dann wieder ab und verschwindet an der äufseren Gränze. Für das Auge erscheint also der Ring um den Mittelpunkt herum (nicht aber in der Richtung eines Radius) gleichförmig hell.

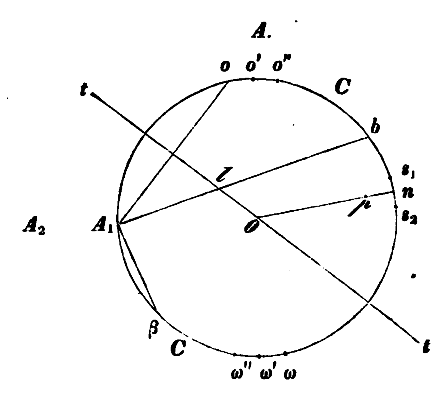
Das Licht des Ringes ist im Allgemeinen geradlinig theilweise polarisirt. Die Richtung der vorherrschenden Oscillationen ist der ursprünglichen Oscillations-Richtung parallel. In allen Punkten eines Radius laufen die Oscillationen der Geraden parallel, welche den Durchschnitt des Radius und des Kreises CC mit dem Punkte A_1 verbindet.

Die theilweise Polarisation nähert sich, wie aus dem Ausdrucke für ihr Maafs zu ersehen ist, der geradlinigen Polarisation je näher man den Rändern des Ringes kommt. Unter übrigens gleichen Umständen wird sie auch um so stärker, je kleiner r (und somit φ) wird.

2) Zieht sich die innere Gränze des Ringes dadurch, dafs r und R gleich werden, auf einen Punkt zusammen, so wird für diesen $\varphi = \pi$, das Maafs der theilweisen Polarisation $= 0$ und $J = a^2$. Der Mittelpunkt ist also nicht polarisirt und hat dieselbe Intensität wie das Einfalls-Licht. Von dem Mittelpunkte zu einem nächst gelegenen Punkte findet in Intensität und Polarisation ein Sprung statt. Die Intensität nimmt nämlich, wenn man von innen nach aufsen geht, von dem Werthe $\frac{a^2}{\pi^2}\left(\frac{\pi^2}{4} + 1\right)$ bis zur Null ab. Jener Werth verhält sich zu dem für den Mittelpunkt ungefähr wie 0,3 : 1.

Das Maafs der theilweisen Polarisation, deren Richtung dieselbe wie sub 1) ist, wächst nach dem Rande hin.

3) Es sey $r > R$. In dem mit dem Kreise CC concentrischen Kreise vom Radius $r - R$ ist die Intensität dieselbe wie in der einfallenden Welle; auch ist das Licht nicht polarisirt. Die Intensität wie die theilweise Polarisation variirt von dem Rande jenes Kreises bis zum äufsersten Rande des erleuchteten Raumes stetig, indem die erste bis zum Verschwinden abnimmt, die zweite allmälig in die geradlinige Polarisation übergeht.



III. Man darf wohl nicht hoffen, dafs die unter I. und II. zusammengestellten Consequenzen der Theorie ie veri-

ficirt werden. Die Erscheinungen der konischen Refraction, wie wir sie beobachten, werden vollständig durch die dortigen Formeln dargestellt, wenn man in diesen $\sin\varphi = \varphi$ setzt. Auch ist der Hergang nicht einmal der beschriebene. Das Licht, welches wir der koniscben Refraction unterwerfen, divergirt. Wenden wir also z. B. gefärbtes Licht an, so findet sich unter den Strahlen des auffallenden Lichtkegels nur ein einziger, der sich zu einem Lichtringe ausbreitet. Jeder andere giebt zwei gebrochenen Wellen ihre Enstehung, die sich in Allem ungefähr so verhalten, wie zwei diametral gegenüberliegende Elementar-Wellen des Lichtringes, und der Complex aller dieser Wellen ist es, den wir beobachten.

Fragen wir uns noch, was eintrete, wenn eine *einzige* Welle (also genau parallele Strahlen) *weifsen* Lichtes in einem Arragonite die konische Refraction erleiden; bisher hatten wir nämlich immer nur monochromatisches Licht vor Augen. Ist die Platte senkrecht auf die Axe der Strahlen B z. B. geschliffen, so erzeugen nur diese einen roth gefärbten Lichtring; alle anderen Strahlen aber spalten sich in je zwei gebrochene, die in der Ebene der optischen Axen liegen, und von denen der eine die Richtung des auffallenden Lichtes verfolgt, während die Richtung des zweiten durch die Linie bestimmt wird, die den Mittelpunkt der Wellenfläche mit dem Punkte verbindet, in welchem jene von einer der Platte parallelen Ebene berührt wird. Diese Linie läuft für das Licht B in dem diametral gegenüber A_1 gelegenen Punkte des Kreises CC aus, wenn wir die Wellenfläche um den Mittelpunkt der auffallenden Welle construiren. Mit der Normalen der Platte bildet die Linie für die Strahlen B, C .... H, den Rudberg'schen Messungen zufolge, die Winkel 1° 51′ 3″, 1° 51′ 32″, 1° 52′ 50″, 1° 54′ 29″, 1° 57′ 25″, 1° 58′ 38″, 2° 0′ 59″. Hiernach bildet sich: 1) ein Lichtring von der Farbe B, 2) um A_1 ein intensiverer Lichtkreis vom Radius r, dessen Farbe die complementare von B ist, 3) diametral gegenüber A_1 ein

äufserst zusammengezogenes Spectrum, dessen Axe in die Richtung $A_1 O$ fällt, und dessen Elemente Lichtkreise vom Radius r sind. Es folgen sich von innen nach aufsen die Lichtkreise von den Farben $B \ldots H$. Der der Farbe B entsprechende tritt an Intensität zurück, während diese für die übrigen dasselbe Verhältnifs wie im auffallenden Lichte hat, so dafs also dort, wo sich alle Kreise decken, die Complementar-Farbe von B zum Vorschein kommt.

Von Beobachtung des eben erwähnten Spectrums kann nicht die Rede seyn, da es sehr zusammengezogen ist und seine Strahlen parallel werden, sobald sie in die Luft eindringen. Dahingegen scheint es mir nicht unmöglich, das auffallende Licht dem Parallelismus so sehr zu nähern, dafs ein farbiger Ring mit zwei complementar gefärbten diametral einander gegenüber gelegenen Elementar-Kreisen wahrgenommen würde. Ich habe bei einer Entfernung von etwa 15 Fufs von einer Lampenflamme einen rothen Ring mit blaugrünen helleren Tüpfelchen, die an den Enden eines Durchmessers lagen, und bei geringster Drehung auf dem Umfange des Ringes herum liefen, beobachtet, wage aber nicht, dieses Phänomen für das oben beschriebene anzusprechen, sowie ich andererseits die Wiederholung der Beobachtung scheue, da sie für die Augen äufserst anstrengend ist.

Schliefslich mag hier das Resultat einer mühsamen Rechnung Raum finden, welches die Beantwortung einiger Fragen enthält, die sich wohl jeder Physiker aufwirft, von deren Lösung ihn aber die Langwierigkeit der Rechnung und die im Vergleich damit geringe Bedeutung des Resultates abschreckt: ich meine die Frage nach der Oeffnung des Strahlenkegels bei der konischen Refraction in Krystallen, deren Indices bekannt sind. Bezeichnen wir jene Oeffnung in der Ebene der optischen Axen für die Strahlen B, C . . . mit b, c . . ., so finden wir beim Arragonite unter Zugrundlegung der Rudberg'schen Messungen:

$b = 1^\circ\ 51'\ 3''$, $c = 1^\circ\ 50'\ 30''$, $d = 1^\circ\ 52'\ 4''$, $e = 1^\circ\ 54'\ 59''$,
$f = 1^\circ\ 57'\ 5''$, $g = 2^\circ\ 0'\ 39''$, $h = 2^\circ\ 4'\ 3''$.

Es wächst also wohl jene Oeffnung mit der Brechbarkeit.

Für den Topas ergiebt sich:

$b = 0^\circ\ 16'\ 46''$, $c = 0^\circ\ 16'\ 41''$, $d = 0^\circ\ 16'\ 52''$, $e = 0^\circ\ 16'\ 58''$,
$f = 0^\circ\ 16'\ 48''$, $g = 0^\circ\ 16'\ 54''$, $h = 0^\circ\ 16'\ 41''$.

Ein aus dieser Reihe gezogener Schlufs über die Veränderung des fraglichen Winkels mit der Brechbarkeit würde wenig Wahrscheinlickeit für sich haben; es leuchtet aber aus ihr der Grund ein, warum sich die konische Refraction beim Topas nicht beobachten läfst.

Wir nehmen hier Gelegenheit die Bemerkung zu machen, dafs die Winkel, welche Rudberg als Winkel der optischen Axen berechnet hat, sich auf die optischen Axen für Strahlen beziehen. Es geht diefs aus der von Rudberg angewandten Formel hervor; nichts desto weniger sind dieselben als Winkel der optischen Axen schlechtweg, also als Winkel der optischen Axen für ebene Wellen in die Lehrbücher (Französische Uebersetzung von Herschel's Optik, Radicke) eingegangen. Ich habe die Winkel für die eine und andere Art von Axen aus den Rudberg'schen Indices berechnet, indem ich den beiden Formeln logarithmische Gestalt gab, was Rudberg vermuthlich nicht gethan hat. In den folgenden Tafeln bedeutet Z_1 den halben Winkel der optischen Axen für ebene Wellen, Z'_1 dieselbe Gröfse für Strahlen, α den gröfsten, β den mittleren, γ den kleinsten Hauptbrechungs-Index.

	Arragonit	
	$2\,Z_1 = 2 \arccos \frac{\alpha}{\beta} \sqrt{\frac{\beta^2-\gamma^2}{\alpha^2-\gamma^2}}$	$2\,Z'_1 = 2 \arccos \sqrt{\frac{\beta^2-\gamma^2}{\alpha^2-\gamma^2}}$
B	17° 58′ 22″	19° 44′ 26″
C	17 47 58	19 33 6
D	17 50 26	19 37 24
E	18 3 14	19 52 54
F	18 9 20	20 0 54
G	18 17 24	20 12 20
H	18 26 52	20 24 54

	Topas	
	$2 Z_1 = 2 \arcsin \frac{\alpha}{\beta} \sqrt{\frac{\beta^2-\gamma^2}{\alpha^2-\gamma^2}}$	$2 Z'_1 = 2 \arcsin \sqrt{\frac{\beta^2-\gamma^2}{\alpha^2-\gamma^2}}$
B	56° 7′20″	55° 50′32″
C	56 18 52	56 2 8
D	56 58 44	56 39 56
E	56 58 28	56 41 30
F	56 42 10	56 25 20
G	55 50 40	55 33 44
H	55 11 0	54 54 18

Aus der ersten Tabelle ersehen wir, dafs Rudberg's Bedenken über den Unterschied zwischen der Beobachtung und der Theorie ungegründet ist, da wirklich die Neigung der optischen Axen für Strahlen von der für Wellen um nahe 2° differirt, letztere aber es sind, die mittelst der isochromatischen Curven beobachtet werden.

Aufser vom Arragonite und Topase besitzen wir nur, Dank den Messungen Miller's (diese Ann. L. und LV.), sämmtliche Haupt-Brechungs-Indices für den zweiaxigen Salpeter und Anhydrit, und zwar nur für Strahlen mittlerer Brechbarkeit. Für jenen ist $\alpha = 1,5052$, $\beta = 1,5046$, $\gamma = 1,333$, woraus sich für die Oeffnung des Strahlenkegels 0° 50′ 48″ ergiebt. Ich glaube behaupten zu können, die konische Refraction in diesem Krystalle beobachtet zu haben.

Der Winkel der optischen Axen berechnet sich zu 6° 10′ 28″ und wurde von Brewster beobachtet zu 5° 20′ 0″.

Beim Anhydrit ist $\alpha = 1,614$, $\beta = 1,576$, $\gamma = 1,571$ und hieraus findet man für die Oeffnung des Strahlenkegels 0° 59′ 20″, für den Winkel der optischen Axen 40° 32′ 8″. Miller bestimmte den letztern zu 43° 32′.

VII. *Die Interferenz-Spectrumplatte;* *von F. A. Nobert zu Barth in Pommern.*

Vor einigen Jahren, wie mich die Farben beschäftigten, welche das Mikroskop zeigt, wenn sowohl die Objecte, wie der Beleuchtungswinkel verändert werden, gelangte ich zur Construction einer Theilung, welche die sieben Hauptfarben des Spectrums, jede völlig monochromatisch und getrennt und alle gleichzeitig durch Interferenz darstellt, zugleich aber mit grofser Evidenz veranschaulicht, wie die Farben von der verschiedenen Wellenlänge des Lichtes abhängen.

Auf der Mitte einer Glasplatte befinden sich sieben Abtheilungen durch gröfsere Zwischenräume getrennte Parallellinien, deren Abstand in jeder einzelnen Gruppe sich völlig gleichbleibend, in den verschiedenen aber in demselben Verhältnisse wächst, wie die Undulationslänge vom violetten Strahl bis zum rothen zunimmt. Auf den von mir bis jetzt ausgeführten Platten dieser Art ist der Abstand der Mitte zweier Linien, oder mit Fraunhofer die Gröfse $\gamma + \delta$, in Pariser Linien ausgedrückt, wie folgt:

tiefroth	0''',001600
orange	0 ,001450
gelb	0 ,001325
grün	0 ,001188
hellblau	0 ,001075
indigo	0 ,001000
violett	0 ,000900.

Oberhalb der Theilung ist zur Sicherung gegen Staub und Verletzung ein Deckplättchen geklebt.

Beim Gebrauche legt man die Platte, das Deckplättchen nach oben gewandt und den darauf gezeichneten Pfeil nach der Lichtquelle gerichtet, auf den Objecttisch eines zusammengesetzten Mikroskops und wendet eine 16- bis 25fache Vergröfserung an, wobei es aber unerläfslich ist, die

die freie Oeffnung des Objectivs bis auf 0''',7 oder 0''',8 im Durchmesser zu vermindern, für welchen Zweck der Platte ein Metallscheibchen mit Loch, welches von oben in die Fassung des Objectivs gelegt wird, beigegeben ist. Diese Verkleinerung der Objectivöffnung hat erstens den Zweck, von dem Lichte, welches vom Erleuchtungsspiegel ausgehend, unter einem Winkel von 11°,24' (mit dem Einfallslothe der Platte) auf das Gitter fällt, nichts *direct* ins Mikroskop gelangen zu lassen, zweitens aber zu verhindern, daſs noch Strahlen von bedeutender Neigung gegen die Axe des durch das Objectiv gehenden Strahlenkegels zur Ergänzung der farbigen Streifen im Mikroskop mitwirken. Einen verwandten Zweck hat die zur Seite des Pfeils gezeichnete Kerzenflamme, welche andeuten soll, daſs von *der* Seite des Erleuchtungsspiegels das Licht zum Gitter aufsteigen muſs. Durch die Breitenausdehnung, welche die Theilung hat und da die sieben Abtheilungen *gleichzeitig* in den, ihnen angehörigen Farben erscheinen sollen, entstehen nämlich bei der gröſseren Nähe des vom Spiegel ausgehenden Lichtes und des Mikroskopobjectivs, etwas verschiedene Neigungswinkel des auffallenden und reflectirten Lichts an den *verschiedenen* Abtheilungen des Gitters, welche nothwendig einen etwas veränderten Gangunterschied der Strahlen (als wie er sonst bei gleichem Neigungswinkel durch den Werth $\gamma+\delta$ in den sieben Abtheilungen, proportional den Wellenlängen der Farben, gegeben ist) hervorrufen müssen. Dieser veränderte Gangunterschied würde aber bei der Zerlegung des weiſsen Lichts durch die sieben Gitter etwas andere als die sieben verlangten Farben erzeugen und es ist deshalb in der Theilung die Gröſse $\gamma+\delta$ in den auf einander folgenden Abtheilungen, durch Versuche ermittelt, etwas stärker zunehmend angenommen, als wie solches die Undulationslängen fordern.

Nach dieser, die Construction der Theilung betreffenden Bemerkung, kehre ich zum Versuche zurück und erinnere, daſs zwischen dem Spiegel des Mikroskops und dem leuch-

tenden Fenster, in 5 bis 6 Zoll Entfernung vom ersteren, ein Schirm mit etwa 6 Zoll hoher und $\frac{1}{3}$ Zoll breiter Spalte aufgestellt seyn mufs, welche letztere ihren Lichtstreifen auf diejenige Seite des Spiegels wirft, welche auf der Platte durch die Lichtkerze angedeutet ist. Wenige Drehungen des Erleuchtungsspiegels werden jetzt hinreichen im *dunklen* Felde des Mikroskops sieben farbige Streifen zur Anschauung zu bringen, und wenn die Spiegellage völlig berichtigt ist, erscheinen die sieben Hauptfarben in höchster Deutlichkeit, durch dunkle Zwischenräume gegenseitig getrennt und in derselben Ordnung auf einander folgend, wie im prismatischen Sonnenbilde, wobei auch ihre specifische Leuchtungsfähigkeit, im Gegensatze zu den dunklen Zwischenräumen, sehr hervortritt.

Ist diese Beobachtung beendigt, so entferne man das verengte schwache Objectiv des Mikroskops, setze statt seiner, ein Objectivsystem von 180 bis 200 mal vergröfsernde Kraft an, so wird man, vermöge des gröfseren Lichtkegels, welchen diese Objective durchlassen, ein helles Gesichtsfeld mit sieben Abtheilungen Parallellinien sehen, deren Abstände mit einem genauen Mikrometer gemessen, darthun werden, dafs sie im Verhältnisse der Undulationslängen der sieben Hauptfarben stehen.

In theoretischer Hinsicht bildet die Erscheinung einen der einfachsten Interferenzfälle. Das Licht fällt vom Spiegel unter einem Winkel von $11^\circ\ 24'$ mit dem Einfallslothe der Theilungsebene auf die Gitter, wird von diesen, in der Richtung jenes Einfallsloths ins Mikroskop geführt und zur Anschauung gebracht. Die Interferenzbildung wird demnach allein durch den Gangunterschied der vom Spiegel zum Gitter gehenden Strahlen hervorgerufen und er ist, wenn man mit Fraunhofer ein Intervall irgend eines der sieben Gitter mit $\gamma + \delta$ bezeichnet, $= (\gamma + \delta) \sin 11^\circ\ 24'$. In der Abtheilung z. B., welche den indigofarbenen Streifen erzeugt, ist

$\gamma + \delta = 0''',001$, also $0''',001 . \sin 11^\circ\, 24' = 0''',000197$, gleich der Wellenlänge des indigofarbenen Strahls. Die Platte kostet 5 Thlr.

Barth in Pommern, im Juli 1851.

VIII. *Ueber eine Glasplatte mit Theilungen zur Bestimmung der Wellenlänge und relativen Geschwindigkeit des Lichts in der Luft und im Glase; von F. A. Nobert.*

Wenn man die im vorigen Aufsatze beschriebene Platte umkehrt, so dafs das Deckplättchen nach unten zu liegen kommt, die Anordnung der Farben, von der Rechten zur Linken, aber dieselbe wie bei dem ersten Versuche geblieben ist, so bemerkt man keinerlei Veränderung an den farbigen Streifen. Diefs war mir zuerst paradox: denn in dem einen Fall findet die Interferenzbildung in der Luftschicht zwischen Hauptplatte und Deckplättchen statt und der Neigungswinkel des vom Spiegel kommenden Strahls mit dem auf der Gitterebene errichteten Einfallslothe, ist dem bei der Construction der Theilung vorausgesetzten Winkel gleich, während bei umgekehrter Platte, die Interferenzbildung in der Glasmasse selbst erfolgt und der dem Neigungswinkel o analoge $o' = \text{arc} \frac{\sin o}{n}$ sich ergiebt, wenn wir mit n den Brechungsindex des Glases bezeichnen, worauf die Theilung geschnitten ist. Der Gangunterschied der Strahlen, welche zwei benachbarte Züge desselben Gitters treffen, ist also unter den obigen Umständen

$$\text{in der Luft} = (\gamma + \delta) \sin o$$

$$\text{im Glase} = (\gamma + \delta) \frac{\sin o}{n},$$

also ihr Verhältnifs $1 : \frac{1}{n}$ = dem Brechungsverhältnifs. Also gerade die *gleiche* Farbenentwicklung der Platte in beiden

Lagen beweist, dafs die Undulationslänge im Glase, im Verhältnifs des Brechungsindex von Luft in Glas, abgekürzt ist, genau so wie es die Wellentheorie fordert.

Obgleich also die beschriebene Platte, wie so viele andere Erscheinungen, die verkürzte Wellenlänge in dem stärker brechenden Körper darthut, so ist doch der Beweis nicht sogleich einleuchtend, und der Wunsch diefs unmittelbar zu zeigen, führte zur Erfindung der folgenden Platte, die diefs nicht blofs mit höchster Evidenz veranschaulicht, sondern auch zugleich mit grofser Genauigkeit auf einem höchst einfachen Wege die Undulationslängen der verschiedenen Farben des Spectrums finden lehrt.

Auf der Fläche *ab*, einer 2''' dicken, 20''' langen und 10''' breiten Glasplatte, deren eine Längenkante *bc* unter einem Winkel von nahe 75° angeschliffen und polirt ist, befinden sich parallel zur Längendimension und in der Nähe des spitzen Winkels *abc*, eine Reihe in Gruppen geordneter und in letzterer Hinsicht mit *A*, *B* ... *P* bezeichneter Parallellinien. Die Abstände der Linien in den einzelnen Gruppen oder die numerischen Werthe der Gröfsen $\gamma+\delta_a$, $\gamma+\delta_b$ ... $\gamma+\delta_p$ sind mit grofser Genauigkeit in Pariser Linien ausgedrückt, und um jede Verwechselung unmöglich zu machen, auf der Platte selbst mit dem Diamant notirt. Um die Platte auch als Prüfungsmittel des Mikroskops benutzen zu können, ist die Theilung so angeordnet, dafs an *dieser* Platte die Intervalle der 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8 und 9. Abtheilung, genau mit den Intervallen der 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14 und 15. Gruppe der von mir früher construirten und sehr verbreiteten Prüfungsplatte für Mikroskope übereinstimmen. Die Gröfsen $\gamma+\delta_a$, $\gamma+\delta_b$ ... $\gamma+\delta_p$ haben folgende absolute Werthe:

für *A*,	0''',000400	für *I*,	0''',000200
B,	0 ,000350	*K*,	0 ,000188
C,	0 ,000300	*L*,	0 ,000175
D,	0 ,000275	*M*,	0 ,000163
E,	0 ,000250	*N*,	0 ,000150
F,	0 ,000237	*O*,	0 ,000138
G,	0 ,000225	*P*,	0 ,000125
H,	0 ,000212		

Bei den Beobachtungen, welche an dieser Platte zur Bestimmung der Undulationslängen der verschiedenen Farben in der Luft und im Glase gemacht werden sollen, ist der Besitz eines gröſsern zusammengesetzten Mikroskops mit 40- bis 50facher Vergröſserung nothwendig. Der Spiegel des Mikroskops wird, um alles nachtheilige von unten kommende Licht abzuhalten, mit einer tief schwarzen Ueberlage, z. B. schwarzem Sammet, bedeckt, und die Objectivöffnung, ähnlich wie bei Beobachtung der zuerst beschriebenen Platte, bis auf 0‴,7 im Durchmesser verkleinert. Man bringt dann, bei einer Sonnenhöhe von 10° bis 20°, die Platte, *das Deckplättchen nach oben* und die polirte Seitenkante der Sonne zugewandt, auf den horizontal gestellten Objecttisch des Mikroskops, dreht die Platte, gleichzeitig ins Mikroskop sehend, ein wenig im Azimut, wobei, wenn die Ebene der Beleuchtung senkrecht auf den Linien der Theilungen steht, die Farbenentwicklung der Gitter äuſserst lebhaft ist, und von der Gruppe *B* bis zu derjenigen *L* sich die wichtigsten Farben des Spectrums dargestellt finden. In der ersten Zeit nach der Construction dieser Platte, habe ich, aus der mittleren, auf astronomischem Wege bestimmten Zeit jeder einzelnen Beobachtung, die wahre Sonnenzeit, den Stundenwinkel und die scheinbare Höhe des Sonnenmittelpunkts abgeleitet, später aber es viel bequemer gefunden, zwischen Sonne und Mikroskop, in einer Entfernung 8″ bis 10″ von letzterem, einen Schirm mit *horizontalem* 6‴ langen und 0‴,3 breitem Einschnitt, durch welchen die Sonnenstrahlen auf das Gitter fallen, aufzustellen. Wird dieser Schirm in verticaler, zu dem Einschnitt normaler Richtung, mit einer Theilung in Zolle und Linien versehen, deren Anfangspunkt in der Mitte des Einschnitts liegt, die verlängerte Ebene des Objecttisches aber diese Theilung in einem Punkte schneidet, dessen Angabe bei einer Beobachtung $= r$ ist, während die Entfernung des beobachteten Gitters von dem Punkte r der Theilung $= q$ sich ergiebt, die Dicke der Glasplatte

(auf der oberen Fläche derselben befindet sich die Theilung) aber $= d$ gesetzt wird, so ergiebt sich

$$\text{tang}\, h = \frac{r-d}{q},$$

wenn wir mit h den Erhebungswinkel des Einschnitts zur Gitterebene bezeichnen. Ist dann in irgend einer Gitterabtheilung eine bestimmte Farbe erschienen, so ist die Wellenlänge dieser Farbe, oder was hier gleichbedeutend ist, der Gangunterschied zweier Strahlen, welche zwei benachbarte Züge desselben Gitters treffen

$$= (\gamma + \delta) \cos h.$$

Da bei Höhenwinkeln von 10° bis 20° sich die Cosinusse nur wenig ändern, so erfolgt auch die Farbenänderung nur langsam und die Bestimmung der Undulationslänge kann mit groſser Genauigkeit vollzogen werden.

Diese Formel setzt voraus, daſs die optische Axe des Mikroskops senkrecht auf der Gitterebene stehe und daſs die Beobachtung in die Richtung dieser Axe falle. Die erste Bedingung ist bei den mehrsten unserer Mikroskope ziemlich nahe erreicht und man kann sie in dem Grade, wie dieſs hier erforderlich ist, erfüllen, wenn man sämmtliche Linsen aus dem Mikroskoprohr entfernt und auf den Objecttisch einen Planspiegel, mit der Belegung die Tischebene berührend, legt. Sieht man jetzt am Ocularende durch ein centrisch angebrachtes Löchelchen und die Objectivöffnung des Rohrs nach dem Spiegel, so muſs das Bild der letztern Oeffnung concentrisch in ihr selbst erscheinen; widrigenfalls die Spiegel- oder Tischebene corrigirt werden muſs. Auch unterlasse ich nicht zu erinnern, daſs da die Randstrahlen des durch das verengte Objectiv gehenden Lichtkegels, symmetrisch um die Axe desselben liegen und nur kleine Winkel mit ihr einschlieſsen, ihre Zusammenwirkung im Bilde des Mikroskops, dieselbe Farbe hervorruft, welche durch die Axenstrahlen erzeugt wird. Endlich möge noch beiläufig bemerkt seyn, daſs sich die Farbenentwicklung fast noch schöner im zer-

streuten weifsen Lichte, wie solches von intensiv erleuchteten weifsen Wolken erhalten wird, zeigt.

Die bisherige Darstellung betraf die Erscheinungen, welche die Interferenzbildung an den Gittern in der *Luftschicht* zwischen Hauptplatte und Deckplättchen hervorruft und welche ich, im Gegensatze zum gleich zu beschreibenden Glasspectrum, Luftspectrum nennen will. Man kehre die Platte um, so dafs Theilung und Deckplättchen nach unten zu liegen kommen, die polirte Seitenkante aber wie bisher, der Lichtquelle zugewandt bleibe. In dieser Lage fällt das Licht fast senkrecht und also nahe ungebrochen durch die polirte Seitenkante und das Innere des Glases auf die Gitter, wird von diesen (im Innern der Glasmasse) reflectirt, um später die obere Glasfläche in der Richtung des Einfallslothes verlassend, im Mikroskop die färbigen Bilder der Liniensysteme, ganz analog denen des Luftspectrums, zur Anschauung zu bringen. Die Interferenzbildung erfolgt also jetzt in der *Glasmasse*, und wenn, der Undulationstheorie gemäfs, die Wellenlänge sich im Verhältnisse des Brechungsindex abkürzt; so mufs *die* Farbe, welche im Luftspectrum an dem Gitter mit den Intervallen $\gamma+\delta$ erschien, im Glasspectrum durch dasjenige Gitter erzeugt werden, dessen Linien den Abstand $\frac{\gamma+\delta}{n}$ haben, wenn wir mit n den Brechungsindex des Glases der Platte bezeichnen. Die Erfahrung bestätigt diefs vollkommen, indem z. B. im Luftspectrum die Gittersysteme B, D, I respective tief roth, gelb und violett erscheinen, während nach Umkehrung der Platte, im Glasspectrum, H, L und P die ebengenannten Farben ziemlich nahe angenommen haben. Es müssen also:

$$\frac{(\gamma+\delta)_b}{n} = (\gamma+\delta)_h \text{ oder } \frac{(\gamma+\delta)_b}{(\gamma+\delta)_h} = n$$

$$\frac{(\gamma+\delta)_d}{n} = (\gamma+\delta)_l \text{ oder } \frac{(\gamma+\delta)_d}{(\gamma+\delta)_l} = n$$

$$\frac{(\gamma+\delta)_i}{n} = (\gamma+\delta)_p \text{ oder } \frac{(\gamma+\delta)_i}{(\gamma+\delta)_p} = n.$$

Die Werthe von n sollten eigentlich etwas wachsend, wegen der stärkern Brechbarkeit der nach dem violetten Ende des Spectrums hin liegenden Strahlen, ausfallen; allein die Beobachtung einer völlig gleichen Farbe in beiden Lagen der Platte dürfte merklich unsicherer seyn, als wie eine, nicht um die Gröfse der Dispersion dn fehlerhafte Bestimmung von n, diefs fordert.

Durch die Beobachtungen an dieser Platte wird also *unmittelbar* die Verkürzung der Wellenlänge im stärker brechenden Körper bewiesen, und da eine Gröfse, wie der Längenunterschied der verschiedenen Lichtwellen es ist, erst in neuester Zeit durch das Mikroskop erkennbar ward, so kann auch selbst in dem günstigen Falle an dieser Platte, wo nicht allein die Gitterebene senkrecht zur Sehelinie steht und als eigentliches Object betrachtet wird, sondern auch die Richtung des auffallenden Lichtes und also auch der Gangunterschied der Strahlen, mit der Gitterebene beinahe zusammenfällt, für das blofse Auge, die Erkennung der Farbe durch die ungleiche Wellenlänge, nicht möglich seyn. Es kann daher, wie schon lange die Wellentheorie postulirt, nur allein die Zeitdauer der Undulation, oder was dasselbe ist, die Zahl der Wellenschläge in der Zeiteinheit, in unserem Auge die Farbe bestimmen. Wenn nun, wie an dieser Platte im Luft- und Glasspectrum, durch zwei Gitter, deren Intervalle sich wie $n:1$ verhalten, dieselbe Farbe und also auch die gleiche Zeitdauer der Undulation erzeugt wird, so mufs die longitudinale oder Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in jedem der beiden Körper im directen Verhältnisse der Gitterintervalle stehen, welche respective in dem einen oder andern Körper dieselbe Farbe (und gleiche Schwingungszeit) hervorrufen und sich verhalten in

$$\text{Luft} : \text{Glas} = n : 1,$$

wie es die Wellentheorie verlangt.

Um einen, auf dem neuen Wege gewonnenen Beitrag für die Bestimmung der Wellenlänge der verschiedenen

Farben, zugleich aber auch eine genauere Darstellung der Erscheinungen, welche die Platte zeigt, zu geben, setze ich folgende tabellarisch geordnete Angaben her, und bemerke, dafs die erste verticale Columne die Buchstaben der Liniensysteme enthält. Dann folgt die erste verticale Hauptabtheilung, welche die Erscheinungen und Angaben des Luftspectrums enthält und sich in vier verticale Unterabtheilungen spaltet, von welchen die erste, die an der entsprechenden Gruppe beobachtete Farbe; die zweite den numerischen Werth der Gröfse $\gamma + \delta$ für dieselbe Gruppe; die dritte den Neigungswinkel des auffallenden Lichts mit der Gitterebene; die vierte endlich, die aus den beiden vorigen Elementen abgeleitete Wellenlänge der Farbe dieser Columne in der Luft, in Pariser Linien ausgedrückt, enthält. Die Angaben der zweiten Hauptabtheilung enthalten das Analoge für das Glasspectrum; doch sind die Beobachtungen dieser Abtheilung in viel kürzerer Zeit wie die der ersten gemacht und können deshalb nicht als so genau und sicher wie jene bezeichnet werden. In der That ist der Zweck der Beobachtungen des Glasspectrums auch nur gewesen, die verkürzte Wellenlänge und verminderte Lichtgeschwindigkeit zu zeigen.

Gruppe.	Luftspectrum.				Glasspectrum.			
	Farbe der Gruppe.	$\gamma+\delta$.	h.	λ.	Farbe der Gruppe.	$\gamma+\delta$.	h.	λ.
A	violett	0''',000400	20° 20'		roth	0''',000400	bei allen sehr nahe 20° innerhalb des Glases.	
B	sehr tief roth	350	15 10	0''',000338	brandgelb	350		
B	tief roth.	350	20 20	328				
C	hellorange	300	20 20	281	grün	300		
D	schwefelgelb	275	20 20	258	indigo	275		
E	schön grün	250	20 20	234	violett.	250		
F	blaugrün	237	20 20	223	rothviolett	237		
G	blau	225	20 20	211	grau	225		
H	indigo	212	20 20	199	roth	212		0''',000199
I	violett	200	20 20	187	roth	200		188
K	sehr tief violett	188	20 20	176	orange	188		177
L		175	20 20		brandgelb	175		165
M		163	20 20		grüngelb	163		153
N	grauschwarz	150	20 20		grün	150		141
O		138	20 20		indigo	138		130
P		125	20 20		rothviolett	125		118

Arithmetisches Mittel der Wellenlängen in der Luft = 0''',0002435
» » » » im Glase = 0 ,0001589

daraus abgeleiteter Brechungsindex $= \frac{0,0002435}{0,0001589} = 1,525$

mit dem auf anderem genauen Wege abgeleiteten Brechungsindex bis auf drei Einheiten der dritten Decimale gleichlautend.

Das Violett der Gruppe *A* im Luftspectrum fällt mit dem von *I* genau zusammen und ist eine Farbe zweiter Ordnung, da $(\gamma+\delta)_a = 2(\gamma+\delta)_i$ ist. Die Wellenlängen in der Luft, welche sich durch die Gruppe *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *I* und *K* für die aufgeführten Farben ergeben, zeigen sogleich, dafs wir am rothen Ende des Spectrums noch beträchtlich gröfsere Werthe für λ erhalten, als bisher angenommen sind, eine Erfahrung, die um so weniger auffallen wird, als Brewster in neuester Zeit das rothe Ende des Spectrums sich so stark ausdehnen sah, und die messenden Beobachtungen Fraunhofer's sich nur von der Linie *B* bis zu derjenigen *H* der von ihm entdeckten festen Linien des Spectrums erstrecken. Die letzten fünf Gruppen *L*, *M*, *N*, *O* und *P* geben, wenn alles fremdartige Seitenlicht gehörig ausgeschlossen ist, keine Farben und bestätigen also ebenfalls die Folgerungen der Wellentheorie, welche diese Erscheinung voraussagte, sobald der Werth $(\gamma+\delta)\cos h$ kleiner als die kleinste Wellenlänge in der Luft wird.

Im Glasspectrum entspricht das Roth der Gruppe *A* genau demjenigen von *I* und ist, wie man sogleich sieht, eine Farbe zweiter Ordnung, obwohl ihm noch ein Violett dritter Ordnung beigemischt seyn sollte; doch scheint das letztere gänzlich unterdrückt zu seyn. Das Gelb von *B* ist ebenfalls zweiter Ordnung und mit dem von *L* zusammenfallend. Das Grün zweiter Ordnung in *C* stimmt mit dem in *N* genau zusammen, und ebenso ist das Indigo derselben Ordnung in *D* dasselbe welches sich in *O* zeigt. Das Violett in *E* kann nur eine Farbe zweiter Ordnung seyn, doch spielt es ungleich stärker ins Bläuliche wie das Violett in *P*. Endlich ist das Violett zweiter Ordnung in *F* etwas röthlicher wie dasjenige in *P*. Das Ansehen der Gruppe *G* ist zweifelhaft, indem ich selbst sie für röthlich halten möchte, während Andere, denen ich ein genaueres Farben-Unterscheidungsvermögen wie mir selbst zutraue, sie für grau, also farblos erklären, welches andeuten würde, dafs λ im Glase sich nicht bis zu dieser

Gröfse erhöbe, wogegen aber der analoge Werth derselben Farbe in der Luft zu sprechen scheint. Die Farben der Gruppen *H*, *I*, *K*, *L*, *M*, *N*, *O* und *P* sind sämmtlich Farben erster Ordnung und sie geben die in der Tafel aufgeführten Werthe von λ im Glase.

Die Ausführung der Theilungen dieser Platte ist sehr schwierig, theils wegen der grofsen Feinheit der Züge, theils wegen der unerläfslich nöthigen Aequidistanz derselben in jeder einzelnen Gruppe, welche, wenn sie nicht stattfindet, Streifen von anderer Farbe hervorruft. In den Gruppen *N* und *O* zum Beispiel ist die Gröfse $(\gamma+\delta) - (\gamma+\delta) = \frac{12}{1000000}$ Pariser Linien, wodurch die Farbe von dem Grün zum Indigo übergeht. Obgleich bei so kleinen Gröfsen sich wenig mit voller Sicherheit sagen läfst, so berechtigen doch andere Beobachtungen, am Theilungsinstrumente selbst gemacht, zu dem Schlusse, dafs wenn nicht aufsergewöhnliche Störungen, wie Temperaturveränderung und Erschütterungen bei dem Theilungsgeschäfte einwirken, der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Intervalle noch weniger als 0''',000001 betrage. Die Platte kostet 20 Thlr. [1]).

Barth in Pommern, im October 1851.

1) In einem bald folgenden Aufsatze »Ueber die Prüfungsscale und die Wirkungen eines neuen mikroskopischen Objectivsystems« werde ich die Wichtigkeit der eben beschriebenen Platte für das *Mikroskop* zeigen. Es erhellt sogleich, dafs wie wir hier, in genauer Uebereinstimmung mit früheren Beobachtungen, aus dem Abstande der Linien in den verschiedenen Gruppen die Undulationslänge der verschiedenen Farben in der Luft und im Glase ermittelt haben, so auch umgekehrt aus der *Farbe* der Gruppen (bei bestimmtem Neigungswinkel des auffallenden Lichtes) nicht blofs das Vorhandenseyn der Linien, sondern auch, je nach der verschiedenen Farbe, ihr gegenseitiger Abstand im absoluten Maafse folge. Die Angaben des Dr. Unger in Wien über die Zahl der Linien in den feinern Gruppen (Poggendorff's Ann. Bd. 79, S. 331) weichen von der Wahrheit so stark ab, dafs man zweifelhaft werden kann, ob die Linien wirklich gesehen worden sind. Schon in der 10. Gruppe der Prüfungsscale für Mikroskope kommen 21 Linien vor, wovon man sich, auch ohne sie gezählt und gesehen zu haben, mittelbar überzeugen kann, wenn man die Breite der Gruppe (wie der genannte Gelehrte gethan hat)

IX. *Ein Ocularmikrometer mit leuchtenden farbigen Linien im dunklen Gesichtsfelde; von F. A. Nobert.*

Es ist bekannt, dafs Fraunhofer, Lamont und Arago, behufs der Beobachtung lichtschwacher Gestirne an Meridianinstrumenten und am Aequatoreal, Mikrometer mit erleuchteten oder leuchtenden Linien im dunklen Gesichtsfelde erfunden haben oder zu Stande zu bringen suchten. Der erstere bewirkt diefs durch Lampen, deren Licht von der Seite die Spinnfäden des Mikrometers beleuchtet; der zweite indem er nicht die Fäden selbst, sondern ihre, von einem unbelegten, im Fernrohr befestigten Planglase, reflectirten Bilder zur Messung benutzt; der dritte endlich, indem er die aus Platin gefertigten Mikrometerfäden als Schliefsungsdraht eines Volta'schen Elements erglühen oder durch andere auf ähnliche Weise glühende Drähte, erleuchten läfst.

Diejenigen, welche die Wirkung der im vorigen Aufsatze beschriebenen Platte gesehen haben, werden sich das neue, von mir bereits ausgeführte Mikrometer leicht ver-

mifst und aus der, bei schwacher Vergröfserung und kleinem Neigungswinkel des auffallenden Lichts, beobachteten Farbe ihre bekannte Wellenlänge und, daraus folgend, den Abstand der Linien in der betreffenden Gruppe bestimmt. Ich bekenne mit Vergnügen, dafs schon im Jahre 1849 Hr. Warren de la Rue in London die Anzahl der Linien in der 10. Gruppe richtig angegeben hat und erlaube mir zu bemerken, dafs man in den jetzt von mir verfertigten grofsen Mikroskopen, nicht blofs die Linien der 10. Abtheilung mit gleicher Leichtigkeit sehen und zählen kann, wie in der ersten, sondern dafs ihre trennende optische Kraft bei günstiger Beleuchtung noch Linien von $\frac{1}{8000}'''$ gegenseitigem Abstande erkennen läfst. Da die feinste Abtheilung der bisherigen Prüfungsscale $\frac{1}{5000}'''$ gegenseitig entfernte Linien enthält, so reicht sie für die erwähnten Instrumente nicht mehr aus; allein die erst beschriebene Platte zeigt auch im Glasspectrum die der Theorie gemäfsen Farben mit gröfster Deutlichkeit, und führt dadurch den Beweis, dafs alle, auch die $\frac{1}{8000}'''$ gegenseitig entfernten Linien vorhanden sind, aber nicht sämmtlich vom Mikroskope getrennt werden.

sinnlichen können. Auf einer Glasplatte (die aus dem dünnen englischen, höchst durchsichtigen, wenig Licht absorbirenden und reflectirenden Glase verfertigt ist) an der Stelle des gewöhlichen Fadennetzes im Fernrohr befestigt, befinden sich fünf Parallellinien, deren gegenseitiger Abstand so bestimmt ist, dafs für das anzuwendende Fernrohr, die Durchgangszeiten für Sterne im Aequator um 15″ verschieden ausfallen. Jede dieser fünf einzelnen Linien besteht aus elf mikroskopisch feinen Linien, deren gegenseitiger Abstand 0‴,000325, ihre Summenbreite also nahe $\frac{1}{300}$‴, gleich der Dicke eines Spinnfadens wie er gewöhnlich in unseren Fadennetzen angewandt zu werden pflegt, beträgt. Fällt das Licht einer Lampe, durch die seitlich im Ocularrohr nächst dem Mikrometer gemachte Oeffnung, unter einem Neigungswinkel von 15° mit der Mikrometerebene (oder 75° mit der Axe des Fernrohrs), auf die Linien der letztern, so erscheinen diese, durch das Ocular betrachtet, im dunklen Gesichtsfelde scharf begränzt und roth, und in dem Maafse, wie der Neigungswinkel der Erleuchtung wächst, durchläuft die Farbe der Linien die ganze Farbenscale des Spectrums. Der Umstand, dafs die Linien durch das Objectiv wie Ocular gleich leuchtend erscheinen, läfst die Anwendung der jetzt wohl auf allen gröfseren Sternwarten eingeführten Bessel'schen Methode der Nadirpunktsbestimmung durch normale Zurückwerfung der Fadenbilder vom Quecksilberhorizont ins Fernrohr, mit Leichtigkeit zu, und da nicht blofs die Farbe, wie erst gezeigt, sondern auch die Lichtstärke der Linien durch einen Wechsel in der Entfernung der Lampe erzielt werden kann, so dürfte das neue Mikrometer vielleicht Beachtung verdienen. Das Urtheil Struve's (in der *Description de l'observatoire de Poulkova, S.* 192) über das Fraunhofer'sche (von Merz ausgeführte) Positionsmikrometer des grofsen Refractors, mit hellen Linien im dunklen Felde, lautet aber für diefs Mikrometer so günstig, dafs kaum noch eine Aussicht, etwas Besseres zu leisten, übrig bleibt; allein der Umstand, dafs in neuester Zeit,

wohl mit durch die scharfsinnigen Betrachtungen Doppler's veranlafst, ein erhöhtes Interesse sich der *Farbe* der Sterne zugewandt hat, kann für diefs Mikrometer ein neues Feld der Beobachtung werden. Die bisherigen Angaben der Farbe der Sterne beruhen auf dem individuellen Gefühle des Beobachters und es tritt zuweilen der Fall ein (wie A. v. Humboldt an einer Stelle in der ersten Hälfte des dritten Bandes seines Kosmos sagt), dafs verschiedene Beobachter einen und denselben Stern grün und blau nennen, eine Erfahrung, die leicht erklärlich ist und eine mindere Fähigkeit des Auges, die Undulationen sicher zu zählen, beweist. Diese Unsicherheit in der Bestimmung der Farbe der Sterne wird bei der Benutzung des neuen Mikrometers dadurch verschwinden, dafs man nicht die Farbe, sondern die *Wellenlänge*, welche der Farbe des Sternes angehört, bestimmt und also einen *numerischen* Werth für dieselbe erhält. Um diefs zu bewerkstelligen, mufs die Lampe, welche das Mikrometer beleuchtet, an einem drehbaren Arm befestigt seyn, und ihr Licht durch den schmalen Einschnitt eines diopterähnlichen Theils, der zwischen Lampe und Mikrometer an demselben Arm befestigt ist, auf das Mikrometer senden. Der Einschnitt des Diopters ist folglich als die Erleuchtungsquelle zu betrachten, und da die Drehungsaxe des beweglichen Arms sich in der verlängerten Richtung der Mittellinie des Mikrometers am Ocularrohr des Fernrohrs befindet und von einem kleinen getheilten Kreise umgeben ist, so werden an dem letztern, bei der Drehung des Arms, die Neigungswinkel der Beleuchtung mit der Mikrometerebene abgelesen. Da nun bei wachsenden Neigungswinkeln die Farbe der Linien alle Farben des Spectrums durchläuft, so mufs immer eine Lage des Arms vorkommen, in welcher bei der Beobachtung die Farbe des Sterns mit derjenigen der Linien coïncidirt. Ist dieser Neigungswinkel $=p$ und die Entfernung der mikroskopischen Linien in jeder einzelnen Linie des Mikrometers $=\gamma+\delta$, so ergiebt sich sogleich, wenn die Beobachtung und Vergleichung an der Mittellinie, also in

der optischen Axe des Fernrohrs gemacht ist, für die Undulationslänge der Farbe des Sterns der Werth $(\gamma+\delta)\cos p$. Bemerken will ich noch, daſs ich bei diesem Mikrometer ein ziemlich verengtes Duve'sches Ocular, dessen Linsen, jede für sich, achromatisch gebaut sind, angewandt habe, und daſs dem Auge genau sein Ort angewiesen seyn muſs.

Es war meine Absicht, ähnlich wie bei den früher beschriebenen Instrumenten, auch mit diesem, einige Beobachtungsreihen an den durch ihre Farbenverschiedenheit sich auszeichnenden Sternen zu machen. Die Abend- und Mitternachtsstunden des Herbstes scheinen sich hierzu am besten zu eignen, da in dieser Jahreszeit die Sterne des Adlers und Stiers, des Orions, der Zwillinge, des Löwen, des groſsen und kleinen Hundes u. a. am südlichen Himmel stehen; allein die Witterung ist im dieſsjährigen Herbst den astronomischen Beobachtungen so vollkommen ungünstig gewesen, daſs ich diesen Theil des Gegenstandes für jetzt habe aufgeben müssen.

Zusatz.

Man hat, so viel ich weis, bei dem Gebrauche, welchen man von den photometrischen Bestimmungen des Glanzes der Sterne bis jetzt gemacht hat, die specifische Leuchtkraft ihrer Farbe nicht berücksichtigt. Aus Fraunhofer's Versuchen aber wissen wir, wie viel geringer schon die Lichtstärke des orangen und grünen Strahls relativ zu derjenigen des gelben ist, und es wird daher das neue Mikrometer geeignet seyn, wenn man als Argument für die Lichtstärke die Wellenlänge einführt, die Lichtstärke der Gestirne auf eine bestimmte Wellenlänge oder Farbe, wie es offenbar seyn muſs, zurück zu führen. Auch als Photometer, ohne wie bisher die Farbe der Sterne zu berücksichtigen, kann eine einzige breitere (aus 80 bis 100 mikroskopischen Linien bestehende) Linie benutzt werden, wenn man die Bilder der Sterne nicht im Brennpunkte des Objectivs, sondern wie in Steinheil's Photometer, auſserhalb desselben, jedoch in constanter Entfernung von demselben

selben, in Scheibenform beobachtet und die Erleuchtung der Linie durch Veränderung der Gröfse des Einschnitts (durch welchen das Licht auf die Linie fällt) dem Glanz der Sternscheibe gleich macht.

Barth in Pommern, im December 1851.

X. *Neues Mefsinstrument für directe Verticalmessungen von Vertiefungen und Erhöhungen kleinerer, besonders naturhistorischer Gegenstände; von Dr. Guido Sandberger zu Wiesbaden.*

Das abgebildete Instrument ist dadurch entstanden, dafs ich öfters in den Fall kam, genaue Messungen von Vertiefungen und Erhabenheiten naturhistorischer kleinerer Gegenstände zu machen, welche mit anderen gewöhnlichen Mefsinstrumenten auf directem Wege gar nicht, auf indirectem nur sehr ungenau zu bewerkstelligen gewesen wären. Besonders häufig kam mir diefs vor bei der Untersuchung der treppenartig abgestuften Vertiefungen der innern Windungen lebender und vorweltlicher Conchylien. Ich sann darauf, ein Instrument zu finden, mit welchem ich dieses stufenweise Niedergehen des Nabels, dessen Gesetzmäfsigkeit zu ermitteln für die Conchyliometrie von grofser Bedeutung ist, ohne umständliche Reduction *direct* ermitteln könnte. Dabei kam ich denn unter Beihülfe des kürzlich verstorbenen hiesigen Mechanicus Jos. Braun, dem ich behufs der bestmöglichen practischen Ausführung meine Idee mittheilte, auf das in Abbildung hier vorliegende Mefsinstrument. Es hat sich nach zweijährigem Gebrauch gezeigt, dafs es für den angegebenen Zweck dienlich ist, indem es einerseits hinreichend genaue Messungen erlaubt (bis auf $\frac{1}{10}$ Millim.), andererseits sich ohne Schwierigkeiten handhaben läfst. Es eignet sich für Vertical-

messungen treppenartig aufsteigender und absteigender, biconvexer und biconcaver, planconvexer und planconcaver Körper, deren Abdachungsgröfsen man an den verschiedensten diametralen Punkten messen kann. Durch das bei dem Instrument erreichte directe Ablesen der Maafse ist eine Reihe von Fehlern, welche die indirecten Messungen nach sich ziehen, vermieden.

Das Instrument (die Fig. 12 Taf. I. zeigt es in halber Gröfse, *A* von der Seite, *B* von vorn) besteht aus einem Millimetermaafsstabe, der auf einer linealartigen Messingstange (*ab*) von rechtwinklichem oblongen Querschnitte eingravirt ist. Mit dieser Stange steht in fester, rechtwinklicher Verbindung ein kürzerer glatter Arm von gleicher Stärke (*ad*), an dessen vorderem Ende nach unten eine kräftige, sehr scharfe, pyramidale, nach innen rechtwinkliche Stahlspitze (*e*) fest eingelassen ist. Die Stange, auf welcher die Millimetertheilung sich befindet, hat an ihrem untersten, nicht mehr getheilten Stücke einen rechtwinklich rückwärts gehenden kurzen Hebelvorsprung (*c*). Zu beiden Seiten längs der Maafsstabstange liegen zwei kürzere, zugleich schmälere, glatte Messingstäbe von übrigens gleicher Dicke mit derselben (*fg* und *hi*) an, welche an ihren oberen und unteren Enden je durch zwei Querstangen (*kl* und *mn*), eine vordere und eine hintere (s. auch Fig. *B*. Ansicht von vorn), in fester Verbindung stehen, indem in letztere, die Längsstangen durchbohrend, jederseits zwei Stahlschräubchen eingelassen sind. Dadurch ist eine eng anschliefsende Hülse für die Maafsstabstange gebildet, welche letztere in dieser Hülse einen sicheren und sanften Gang erhält. An dem hintern Ende der kurzen seitlichen Längsstange rechts ist, in fester Verbindung mit ihr und nach unten rechtwinklich, ein kurzer Hebelvorsprung (*o*). Die unteren beiden Querstangen der Hülse (*mn*) ragen nach vorn weiter vor (bis *m*), als die obern. Sie schliefsen mit ihren vorspringenden Enden den zweiten glatten Hauptquerbalken (*qp*) ein, welcher mit ihnen durch drei durchsetzende Stahlschräubchen, in genau wagerechter

Richtung in Bezug auf die senkrecht stehende Maafsstabstange, gut befestigt ist. In diesem Querbalken (qp) ist, der vorher erwähnten genau gegenüberstehend, eine nach oben gewendete, nach innen rechtwinkliche Stahlspitze (r) fest eingelassen. Auf der Vorderseite der rechts vom Maafsstabe gegebenen seitlichen Längsstange (hi) der Hülse ist durch zwei Schräubchen ein Nonius (s) befestigt, der auf die Theilung des Maafsstabes übergreift. Der Nullpunkt des Maafsstabes und, wie sich von selbst versteht, auch der des Nonius ist genau auf den Berührungspunkt der beiden Stahlspitzen (t) normirt.

Bei dem Messen habe ich es vortheilhaft gefunden, das Instrument ohne jede Art von Stativ zu gebrauchen. Ich hatte anfangs das Instrument bei sonst im wesentlichen gleicher Gestalt auf einem Stativ, fand aber die Messungen zeitraubender und dabei doch minder genau. Man hält beim Messen das Instrument horizontal. Der Ballen an der Basis des Daumens, die sogenannte Maus, bewirkt bei einiger Uebung für rückgängige Bewegungen die Verschiebung der Maafsstabstange (bei c) ganz gut. Die zu messenden Objecte befestige ich meist auf einem aus Wachs nach jedesmaliger Bequemlichkeit geformten Stielchen.

Wiesbaden, den 25. August 1851.

XI. *Ueber die Anamorphosen in geraden und schiefen Kegelspiegeln, wenn das Auge seine Stelle in der verlängerten Axe des Kegels einnimmt; von Dr. H. Emsmann, Oberlehrer zu Stettin.*

Das Problem des Winkelspiegels, welches in diesen Annalen Bd. LXXXII. S. 288, desgl. S. 588 und Bd. LXXXIV. S. 145 eine sorgfältigere Bearbeitung gefunden hat als es gewöhnlich geschieht, veranlafst mich, die Aufmerksamkeit

auf die Anamorphosen in Kegelspiegeln zu lenken, weil diese in gleicher Weise selbst in Werken, welche auf einen wissenschaftlichen Charakter Anspruch machen, mit einer Oberflächlichkeit abgefertigt werden, welche von dem Gegenstande eine richtige Vorstellung zu geben nicht geeignet ist. Regelmäfsig wird nämlich bei Behandlung der Anamorphosen in Kegelspiegeln — wohl weil der Gegenstand zu geringfügig erscheint — die Sache so dargestellt, als ob das Zerrbild nicht anders als in der Ebene der Kegelbasis liegen könne. Eine nähere Behandlung zeigt indessen, dafs diefs in gewissen Fällen ganz unmöglich ist, und daher möge nachfolgende Untersuchung dazu dienen, das Problem einer allgemeinen Auffassung zu unterwerfen.

Die Aufgabe — allgemein gefafst — ist die: in einer aufserhalb des Kegels liegenden Fläche eine Zeichnung so zu entwerfen, dafs ein über der Basis des Kegels befindliches Auge in dem Kegel den Gegenstand, welchen das Zerrbild darstellen soll, in richtigen, natürlichen Verhältnissen erkenne. In dem Folgenden sey jedoch die Aufgabe so weit eingeschränkt, dafs das Auge sich auf der verlängerten Axe eines geraden oder schiefen Kegels befinde, und die Zeichnung auf der innern Fläche eines Cylinders, dessen Axe mit der des Kegels zusammenfällt und der selbst die Basis des Kegels zur Grundfläche hat, also durch die Peripherie geht, oder — wo es möglich ist — auf einer mit der Basis des Kegels zusammenfallenden Ebene liege.

A. Es sey (Fig. 17 Taf. I.) ADB der Schnitt eines schiefen Kegels, welcher durch die Axe und zugleich durch die Höhe DF des Kegels geht; der Halbmesser der Kegelbasis, deren Mittelpunkt C ist, sey $=R$, die Axe $CD=A$, der Neigungswinkel der Axe $\angle DCA=\alpha$, der von CA aus genommene beliebige Winkel $ACK=z$, die Entfernung des Augenortes auf der Axe von der Spitze des Kegels an gerechnet $DE=E$, die zum Punkte K gehörige Kegelseite $DK=S_z$.

Ziehen wir durch K die Linie KM parallel der Axe CD, so liegt auf KM die Cylinderseite des Punktes K, und es kommt nun darauf an, für irgend einen Punkt K_1 auf dem Halbmesser CK die entsprechende Stelle des Zerrbildes auf KM zu suchen, also den Punkt X_1 auf KM zu ermitteln, von dem aus der auf DK auffallende Lichtstrahl so in das Auge in E reflectirt wird, als ob er aus K_1 komme, der also, wenn K_1 mit E verbunden wird, in dem Durchschnittspunkte L_1 von DK und K_1E auffällt und in der Richtung L_1E reflectirt wird.

Aus diesen Bedingungen ergiebt sich, dafs, wenn X_1 die verlangte Stelle auf KM ist, $\angle KL_1X_1 = \angle DL_1E = \angle K_1L_1K$ seyn mufs, und folglich ist

$$KX_1 : KL_1 = \sin K_1L_1K : \sin(CDK + K_1L_1K),$$
$$\text{da } \angle L_1KM = \angle CDK \text{ ist,}$$

folglich erhalten wir

$$KX_1 = KL_1 \frac{\sin K_1L_1K}{\sin(CDK + K_1L_1K)} \quad \ldots \quad (\text{I.})$$

Da

$$\sin K_1L_1K = \frac{E.\sin CDK}{L_1E} \text{ und } \cos K_1L_1K = \frac{E.\cos CDK + L_1D}{L_1E}$$

ist, so ist auch

$$KX_1 = \frac{KL_1.E}{2E\cos CDK + S - KL_1} \quad \ldots \quad (\text{II.})$$

Aus (II.) folgt:

1) je näher die Punkte des Bildes dem Mittelpunkte der Basis liegen, um so höher auf dem Cylinder befinden sich die entsprechenden Stellen im Zerrbilde;

2) die Punkte in der Peripherie entsprechen den Stellen des Cylinders in der Basisebene, liegen also wieder in der Peripherie;

3) für die dem Mittelpunkte entsprechenden Stellen im Zerrbilde ist die Stelle des Auges auf der Axe gleichgültig;

4) für die dem Mittelpunkte entsprechenden Stellen des Zerrbildes ist der allgemeine Werth

$$KX = \frac{S_z}{2\cos CDK} \quad . \; . \; . \; \text{(III.)}$$

Da $\angle KFC = 1R$ ist, mithin $\cos DCK = \cos\alpha . \cos z$ wird, also $S_z^2 = A^2 + R_2 - 2AR . \cos\alpha\cos z$ ist, auch $\cos CDK = \frac{A - R\cos\alpha\cos z}{S_z}$ sich ergiebt, so ist auch:

$$KX = \frac{A^2 + R^2 - 2AR . \cos\alpha\cos z}{2(A - R\cos\alpha\cos z)} \quad . \; . \; . \; \text{(IV.)}$$

Aus (IV.) folgt, dafs die Höhen für die dem Mittelpunkte entsprechenden Stellen des Zerrbildes für verschiedene Winkel z und z_1 gleichwerthig werden, wenn

$$\frac{A^2 + R^2 - 2AR\cos\alpha . \cos z}{A - R\cos\alpha\cos z} = \frac{A^2 + R^2 - 2AR\cos\alpha\cos z_1}{A - R\cos\alpha\cos z_1},$$

also wenn

$$2A^2\cos z + (R^2 + A^2)\cos z_1 = 2A^2\cos z_1 + (R^2 + A^2)\cos z$$

ist, d. h. wenn $A = R$, oder $\angle BDA = 1R$, d. h. wenn der Kegel rechtwinklich ist.

Nehmen wir hierzu, dafs die Strecke KX in diesem Falle gleich derjenigen wird, welche sich für $z = 90^\circ$ ergiebt, so erhalten wir:

5) bei rechtwinklichen Kegeln — gleichgültig, ob dieselben gerade oder schiefe sind, weil unser Resultat für alle Werthe von α gilt — giebt es für alle dem Mittelpunkte des Bildes entsprechenden Stellen des Zerrbildes einen mit der Basis parallelen Kreis, der auf der Cylinderfläche von der Basis in der Richtung der Axe entfernt ist um

$$\frac{S_{90^\circ}}{2A} = \frac{A^2 + R^2}{2A} = A = R \quad . \; . \; . \; \text{(V.)},$$

so dafs man durch die Spitze D des Kegels nur eine Parallele zu legen hat, um die Stelle des Kreises auf KM zu erhalten.

Hieraus folgt schon,

6) dafs bei rechtwinklichen Kegeln ein Zerrbild in der Ebene der Kegelbasis unendlich grofs werden müfste, da die zu dem Mittelpunkte gehörigen Strahlen parallel der Basisebene in der Spitze des Kegels auffallen müfsten; *es*

ist also für rechtwinkliche Kegel ein Zerrbild in der Kegelbasis unmöglich.

Aus (V.) ergiebt sich ferner, daſs KX gröſser und kleiner als A werden kann, denn

$$\frac{A^2 + R^2 - 2AR.\cos\alpha\cos z}{2(A - R\cos\alpha\cos z)}$$

wird gröſser als A für $A < R$, also bei stumpfen Kegeln, und kleiner als A für $A > R$, also bei spitzen Kegeln. Dieſs gilt wieder, sowohl für gerade als spitze Kegel und überdieſs für *alle* dem Mittelpunkt entsprechenden Stellen des Zerrbildes auf der Cylinderfläche, da weder $\cos\alpha$, noch $\cos z$ hierbei in Betracht kommt.

7) *Es ist also auch für stumpfwinkliche Kegel kein Zerrbild möglich,* da ein Theil der von dem Zerrbilde auf den Kegel fallenden Strahlen, wenn sie nach dem Auge reflectirt werden sollen, diesen mit der Basis divergirend treffen muſs.

8) *Mithin giebt es nur für spitze Kegel ein Zerrbild in der Basisebene,* da nur in diesem Falle *alle* von dem Zerrbilde ausgehende und nach dem Auge reflectirte Strahlen den Kegel mit der Basis divergirend treffen.

B. Bestimmen wir nun noch allgemein die Stellen in der Ebene der Kegelbasis, in welchen die den einzelnen Punkten des Bildes entsprechenden Stellen des Zerrbildes liegen müssen, falls es deren giebt.

Verlängern wir $L_1 X_1$ bis zum Durchnitt CK in Y_1, so erhalten wir, weil $\angle K_1 L_1 K = \angle KL_1 Y_1$ ist, im Dreiecke $KL_1 Y_1$

$$KX_1 : KL_1 = \sin K_1 L_1 K;\ \sin(CKD - K_1 L_1 K) \text{ also}$$

$$KY_1 = \frac{KL_1 \sin K_1 L_1 K}{\sin(CKD - K_1 L_1 K} \ldots \text{(VI.)}$$

Hieraus sehen wir, daſs $\angle K_1 L_1 K$ nicht gröſser als $\angle CKD$ werden darf, damit ein Durchschnittspunkt auf der Ebene der Kegelbasis nach Y_1 hin stattfinden kann, d. h. es muſs $\angle CDK < \angle CKD$, d. h. es muſs — wie wir bereits unter 8 gefunden haben — der Kegel ein spitzer

seyn, wenn für *alle* Punkte des Bildes ein Zerrbild auf der Ebene der Kegelbasis möglich seyn soll.

Ferner ergiebt sich hieraus, dafs

9) je näher die Punkte des Bildes dem Mittelpunkte der Basis liegen, die entsprechenden Stellen im Zerrbilde um so weiter von der Peripherie des Kegels auf der Basisebene entfernt liegen;

10) für die Punkte der Peripherie liegen die entsprechenden Stellen wieder in der Peripherie. Dasselbe ergiebt sich, wenn wir wie bei der Gewinnung von (II) aus (I) verfahren und für KY_1 den Werth ableiten:

$$KY_1 = \frac{KL_1 \cdot E \cdot \sin CDK}{E \sin (CKD - CDK) + (Sz - KL_1) \sin CKD} \quad \text{(VII.)}$$

Aufserdem erhalten wir hieraus, dafs

11) für die dem Mittelpunkte entsprechenden Stellen des Zerrbildes die Stelle des Auges für die Axe gleichgültig ist.

Für die dem Mittelpunkte entsprechenden Stellen erhalten wir aus (VII) und aus (VI)

$$KY = \frac{Sz \cdot \sin CDK}{\sin(CKD - CDK)} \quad .\ . \quad \text{(VIII.)}$$

und hieraus ergiebt sich, da

$$\sin CKD = \frac{A \sin DCK}{Sz}, \ \operatorname{ctg} CDK = \frac{A - R . \cos DCK}{R . \sin DCK}$$

$$\text{und } \cos CKD = \frac{R - A \cos DCK}{Sz} \text{ ist,}$$

$$KY = \frac{R \cdot Sz^2}{A^2 - R^2} \quad .\ .\ . \quad \text{(IX.)}$$

Aus (IX.) folgt, dafs der Kegel ein gerader seyn mufs, wenn die dem Mittelpunkte entsprechenden Stellen des Zerrbildes auf einem Kreise liegen sollten, der mit der Peripherie der Basis concentrisch ist.

C. In Beziehung auf die allgemeine Construction — (mit einem speciellen Falle für gerade spitze Kegel hat sich der Verfasser bereits in diesen Annalen Bd. LXXVII,

S. 571 beschäftigt) — sey hier noch bemerkt, dafs sich diese aus (I) und (VI) sehr einfach ergiebt.

Soll ein Zerrbild auf einer Cylinderfläche construirt werden, so errichte man in dem Halbirungspunkte der Kegelseite, welche zu dem Halbmesser gehört, für welchen die Bestimmung vorgenommen werden soll, also (Fig. 18.) in P ein Perpendikel und verlängere diefs bis zum Durchschnitte mit der Axe in U. Verbindet man nun K mit U und zieht von $K_{,}$, $K_{,,}\ldots$ nach dem Auge in E, so schneiden diese Linien auf KU die Strecken KX', $KX''\ldots$ ab, welche den verlangten Entfernungen $KX_{,}$, $KX_{,,}\ldots$ auf dem Cylinder gleich sind.

Es ist nämlich nach (I.) $KX_{1} = \frac{KL_{1} \sin K_{1} L_{1} K}{\sin(CDK + K_{1} L_{1} K)}$, nach unserer Construction aber wird $\angle UKP = \angle CDK$, also ist $\sin KX'L_{1} = \sin(CDK + K_{1} L_{1} K)$ und folglich

$$KX' : KL_{1} = \sin K_{1} L_{1} K : \sin(CDK + K_{1} L_{1} K)$$

$$\text{d. h. } KX' = KX_{1}.$$

Diese einfache Construction gilt sowohl für gerade als schiefe Kegel, gleichgültig ob sie spitz-, recht- oder stumpfwinklich sind, wenn es darauf ankommt ein Zerrbild auf einer Cylinderfläche in der von uns angenommenen Stellung zu construiren.

Soll bei einem spitzen Kegel ein Zerrbild in der Basisebene des Kegels entworfen werden, so verlängere man das Perpendikel PU (Fig. 18) bis zum Durchschnittspunkte Q mit dem zu K gehörigen Durchmesser, verlängere es dann über den Fufspunkt um seine eigene Länge, mache also $PV = PQ$, verbinde den erhaltenen Endpunkt V mit dem Endpunkte K des Halbmessers, so schneiden die von $K_{,}$, $K_{,,}\ldots$ nach dem Augenpunkte gezogenen Linien $K_{,}E$, $K_{,,}E\ldots$ von K aus Strecken KY', $KY''\ldots$ ab, welche den Strecken $KY_{,}$, $KY_{,,}\ldots$ gleich sind.

Da nämlich $\angle PKV = \angle CKD$ wird, so ist $\angle L_{1} Y'K = \angle CKD - \angle K_{1} L_{1} K$ und folglich

$$KY' : KL_{1} = \sin K_{1} L_{1} K : \sin L_{1} Y'K,$$

$$\text{d. h. nach (VI) } KY' = KY_{1}.$$

Diese beiden Constructionen für die beiden Arten von Zerrbildern führen indessen auf eine einzige für beide Fälle geltende und, nebenbei gesagt, zur Darstellung der Erscheinungen an Kegelspiegeln nach der Schellbach'schen Methode besonders geeigneten Construction, die noch schneller zum Ziele führt, indem man durch dieselbe die Punkte $X_{,}$, $X_{,,}$... und $Y_{,}$, $Y_{,,}$... unmittelbar erhält.

Würde man von X', X''... (Fig. 18) auf die Seite DK Perpendikel fällen und diese um ihre eigene Länge über den Fufspunkt hinaus verlängern, so erhielte man dadurch die Punkte $X_{,}$, $X_{,,}$...; dasselbe gilt für die Punkte $Y_{,}$, $Y_{,,}$... Daraus folgt, dafs man nur von dem Augenpunkte auf die Seite DK ein Perpendikel zu fällen, und diefs um seine eigene Länge über den Fufspunkt zu verlängern nöthig hat. Der so gewonnene Punkt (Fig. 18) sey e_x. Zieht man von diesem Punkte aus durch $L_{,}$, $L_{,,}$..., so erhält man in den Durchschnittspunkten mit KR ohne Weiteres die Punkte $X_{,}$, $X_{,,}$... und ebenso in den Durchschnittspunkte mit CK die Punkte $Y_{,}$, $Y_{,,}$....

Kommt es übrigens nur darauf an, von den Zerrbildern eine Vorstellung zu geben, so wird man natürlich sich auf die einfachsten Fälle beschränken, und als solche ist es wohl kaum nöthig, die Zerrbilder des geraden und des rechtwinklichen schiefen Kegels noch hervorzuheben.

Schliefslich noch die Bemerkung, dafs es mir nicht gelungen ist, irgendwo eine Notiz zu finden, dafs bereits dergleichen Zerrbilder auf Cylinderflächen construirt seyen, wie es von mir hier angegeben worden ist, und dergleichen zu construiren ich mir wirklich das Vergnügen gemacht habe [1]).

1) Der Hr. Verfasser war so gütig, mir eine Probe davon nebst zugehörigem Kegelspiegel zu übersenden, und ich kann bezeugen, dafs sich darin die Erscheinungen recht gelungen darstellen. *P.*

XII. *Ueber den Einfluſs des Wassers bei chemischen Zersetzungen; von Heinrich Rose.*

(Fortsetzung.)

7. Ueber die Verbindungen der Kohlensäure und des Wassers mit dem Zinkoxyd.

Während bei der Fällung der neutralen Salze der Magnesia, des Bleioxyds, des Kupferoxyds, des Kobaltoxyds und des Nickeloxyds vermittelst neutralen kohlensauren Alkalis sich gewisse Verbindungen von neutralem kohlensaurem Metalloxyd und Metalloxydhydrat vorzugsweise bilden, welche vermöge der Verwandtschaft, welche sie zu einander äufsern, mit einer gewissen Hartnäckigkeit der ferneren Einwirkung des Wassers mehr oder weniger stark widerstehen, erzeugen sich durch eine ähnliche Behandlung neutraler Zinkoxydsalze keine so einfache und leicht zersetzbare Verbindungen zwischen kohlensaurem Zinkoxyd und Zinkoxydhyrat, in welchen beide durch eine nur geringe Verwandtschaft mit einander verbunden sind, so dafs aus ihnen oft Kohlensäure durch Wasser selbst beim Trocknen bei gewöhnlicher Temperatur ausgetrieben werden kann.

Weil die Verbindungen des kohlensauren Zinkoxyds mit dem Zinkoxydhydrat in so äufserst mannigfaltigen Verhältnissen stattfinden, so sind die Versuche auf verschiedene Weise und öfterer wiederholt worden, als bei den Verbindungen anderer kohlensaurer Oxyde mit Hydraten geschehen ist.

Zur Darstellung der Verbindungen, deren Untersuchung durch Hrn. Weber angestellt worden ist, wurde nur schwefelsaures Zinkoxyd und gewöhnlich kohlensaures Natron angewandt. Nur zur Darstellung eines Niederschlags, der reicher an Kohlensäure seyn sollte, wurde zweifach-kohlensaures Natron und auch zweifach-kohlensaures Kali genommen. Zu der ersten Reihe der Versuche wurden

gleiche Gewichtsmengen von schwefelsaurem Zinkoxyd und von kohlensaurem Natron im krystallisirten Zustande angewandt, da sich zufälliger Weise die Atomgewichte derselben wie die absoluten Gewichte verhalten.

Wie bei den früheren Versuchen wurden die Lösungen beider Salze theils kalt theils kochend und von verschiedener Concentration mit einander vermischt.

I. Jedes der beiden Salze wurde in drei Theilen kalten Wassers gelöst, und die Lösungen kalt mit einander vermischt. Es entstand dabei eine starke Entwicklung von Kohlensäuregas; der Niederschlag war ein steifer Brei, der mit kaltem Wasser ausgewaschen wurde. Die filtrirte Flüssigkeit enthielt viel Zinkoxyd.

Die Verbindung hatte folgende Zusammensetzung:

	Lufttrocken.	Sauerstoff.	Atome.
Zinkoxyd	71,15	14,04	5
Kohlensäure	15,47	11,24	2
Wasser	13,38	11,89	4
	100,00.		

	Bei 60° C. getrocknet.		
Zinkoxyd	72,16	14,24	5
Kohlensäure	15,77	11,46	2
Wasser	12,07	10,72	4
	100,00.		

	Bei 100° C. getrocknet.		
Zinkoxyd	73,07	14,42	11
Kohlensäure	14,47	10,51	4
Wasser	12,46	11,07	8
	100,00.		

Die Verbindung hatte sich also durch Erhitzung bis zu 60° in ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich verändert, und nur eine geringe Menge Wasser verloren. Durch eine Temperaturerhöhung bis zu 100° ist aber durch das Wasser Kohlensäure ausgetrieben worden, wodurch eine

Verbindung sich gebildet hat, in welcher das Zinkoxyd zur Kohlensäure in keinem sehr einfachen Verhältnisse steht, das indessen bei der Fällung der Zinkoxydsalze durch kohlensaure Alkalien oft erhalten wird.

II. Die Salze wurden in zehn Theilen kalten Wassers aufgelöst, und die Lösungen in der Kälte vermischt. Es war keine Kohlensäuregasentwicklung beim Vermischen der Salzauflösungen zu bemerken; beim Absetzen des Niederschlags entwickelten sich indessen einige wenige Gasblasen. Nach zwei Stunden wurde die Fällung filtrirt und mit kaltem Wasser ausgesüfst. Die getrennte Flüssigkeit reagirte alkalisch, gab mit Schwefelammonium einen starken Niederschlag von Schwefelzink und durch Chlorwasserstoffsäure eine wiewohl schwache Kohlensäureentwicklung. Das Auswaschen des Niederschlags vermittelst kalten Wassers ging sehr langsam von statten. Als im Waschwasser keine Reaction auf Schwefelsäure mehr wahrgenommen werden konnte, wurde beim Abdampfen desselben noch ein beträchtlicher Rückstand erhalten, und durch Schwefelammonium entstand noch eine geringe Fällung. — Durchs Stehen erzeugte sich im Waschwasser eine Ausscheidung von kohlensaurem Zinkoxyd.

Der lufttrockne Niederschlag verlor bis zu 50° C. erhitzt 29,73 Proc.; bei 70° C. 29,93 Proc.; bei 80° C. 30,12 Proc. und bei 100° C. 30,43 Proc. Er hatte dann bei 100° getrocknet folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	Atome.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	73,68	14,54	11	73,58
Kohlensäure	14,34	10,42	4	14,53
Wasser	11,98	10,65	8	11,89
	100,00.			100,00.

Es ist diefs fast dasselbe Verhältnifs der Bestandtheile, wie in dem bei 100° C. getrockneten Niederschlage, welcher aus weit concentrirteren Auflösungen gefällt worden war. Ob die Verbindung im lufttrocknen Zustande

und bei 60° C. getrocknet die einfachere Zusammensetzung $2\dot{Zn}\ddot{C}+3\dot{Zn}\dot{H}+\dot{H}$ hat, wie der Niederschlag des Versuchs I, ist nicht untersucht worden, jedoch nicht unwahrscheinlich.

Es verliert also durch das Trocknen bei 100° C. der Niederschlag etwas Kohlensäure, und verwandelt sich in den von einer minder einfachen Zusammensetzung $4\dot{Zn}\ddot{C}+7\dot{Zn}\dot{H}+\dot{H}$.

Der Niederschlag von dieser Zusammensetzung ist indessen schon öfters bei Untersuchungen erhalten worden, namentlich von Schindler [1]), der jedoch die Verbindung von diesem Verhältnifs der Bestandtheile kochend durch kohlensaures Natron aus einer schwefelsauren Zinkoxydlösung gefällt hatte. Die erhaltene Zusammensetzung stimmt indessen weniger mit der überein, welche Wackenroder [2]) von einem Niederschlage angestellt hat, der auf dieselbe Weise in der Kälte gefällt worden war, wie der untersuchte; die Abweichung zeigt sich aber nur bei dem Gehalte von Kohlensäure und Wasser, nicht bei dem Zinkoxyd, der mit dem der angeführten Analyse übereinstimmt. Nach Wackenroder enthält der Niederschlag gegen 3 Atome Zinkoxyd nur 1 Atom Kohlensäure, ein Verhältnifs, das ein sehr gewöhnliches bei den Niederschlägen ist, die in der Kochhitze gefällt worden sind, aber bei den kalt gefällten selten, und nur wenn sie aus sehr verdünnten Auflösungen erhalten wurden, vorkommt. Nach Berzelius [3]) sind in der in der Kälte erzeugten Fällung 8 Atome Zinkoxyd gegen 3 Atome Kohlensäure, welches Verhältnifs mit dem oben angegebenen von 11 At. Zinkoxyd und 4 At. Kohlensäure mehr übereinstimmt.

III. Es wurde jedes der Salze in hundert Theilen kalten Wassers gelöst. Bei der Mischung der Lösungen fand nicht die mindeste Kohlensäureentwicklung statt. Nach

1) Magazin der Pharmacie Bd. 36, S. 54.

2) Ann. der Pharmacie Bd. 11, S, 158.

3) Dessen Jahresbericht 15. Jahrgang, S. 180.

dem Absetzen des Niederschlags war die über demselben stehende Flüssigkeit vollkommen klar; sie trübte sich aber nach einiger Zeit durch Ausscheidung von kohlensaurem Zinkoxyd. Sie reagirte schwach alkalisch und enthielt nach dem Filtriren eine bedeutende Menge von Zinkoxyd, das sich beim längeren Stehen zum Theil noch abschied. Der Niederschlag wurde mit kaltem Wasser ausgewaschen; das erhaltene Waschwasser trübte sich auch nach einiger Zeit.

Die Zusammensetzung der Fällung bei 60° C. getrocknet war folgende:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	74,40	14,68	3	75,24
Kohlensäure	13,81	10	1	13,62
Wasser	11,79	10,48	2	11,14
	100,00.			100,00.

IV. Es wurden gleiche Mengen der Salze wie bei dem Versuche I. in nur drei Theilen Wassers gelöst. Die Auflösung geschah aber kochend, und bei der Mischung der kochenden Lösungen fand eine aufserordentlich starke Kohlensäureentwicklung statt. Das Ganze wurde so lange gekocht, bis kein Entweichen von Kohlensäure mehr zu bemerken war. Der Niederschlag wurde heifs ausgesüfst. Er enthielt eine, aber fast nur unwägbare Spur von Schwefelsäure, denn die Auflösung in Chlorwasserstoffsäure trübte sich durch Zusatz von Chlorbaryum eigentlich sogleich nicht, sondern erst nach einiger Zeit. Die vom Niederschlage getrennte Flüssigkeit enthielt kein Zinkoxyd.

Die Zusammensetzung des Niederschlags war folgende:

Lufttrocken.

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	51,67	10,20	3	52,05
Kohlensäure	9,50	6,90	1	9,42
Wasser	38,83	34,51	10	38,53
	100,00.			100,00.

Bei 60° C. getrocknet.

Zinkoxyd	73,43	14,50	6	73,20
Kohlensäure	13,13	9,54	2	13,25
Wasser	13,44	11,94	5	13,55
	100,00.			100,00.

Bei 100° C. getrocknet.

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	74,17	14,64	7	74,32
Kohlensäure	11,80	8,57	2	11,53
Wasser	14,13	12,56	6	14,15
	100,00.			100,00.

Das Verhältnifs zwischen Kohlensäure und Zinkoxyd ist bei dem lufttrocknen und in dem bei 60° getrockneten Niederschlage ein ähnliches, wie in dem des Versuchs III. Jene beide unterscheiden sich nur durch einen verschiedenen Wassergehalt; durch das Trocknen bei 60° C. hat die lufttrockne Verbindung drei Viertel des Wassers verloren. Durch das Trocknen bei 100° C. ist etwas Kohlensäure entwichen.

V. Gleiche Atomgewichte der Salze wurden wie bei dem Versuche II. in zehn Theilen Wassers aufgelöst. Die Lösungen wurden aber kochend mit einander vermischt, wobei eine lebhafte Kohlensäureentwicklung statt fand. Das Ganze wurde so lange gekocht, bis dieselbe nicht mehr zu bemerken war. Das Auswaschen des Niederschlags mit heifsem Wasser war in kurzer Zeit geschehen. Die filtrirte Lösung enthielt kein Zinkoxyd.

Zur Bestimmung aller Bestandtheile der Verbindung wurde bei diesem Versuche nur ein und dieselbe Menge derselben angewandt, die Kohlensäure auf die gewöhnliche Weise durch Schwefelsäure ausgetrieben, und dann aus der erhaltenen schwefelsauren Lösung das Zinkoxyd durch kohlensaures Natron gefällt. Bei allen andern Versuchen sind zwei verschiedene Mengen zur Bestimmung der Bestandtheile genommen worden.

Die

Die Verbindung hatte folgende Zusammensetzung:

Bei 60° C. getrocknet.		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	72,92	14,40	10	72,20
Kohlensäure	11,63	8,45	3	11,76
Wasser	15,45	13,75	10	16,04
	100,00.			100,00.

Bei 100° C. getrocknet.				
Zinkoxyd	74,26	14,66	10	73,38
Kohlensäure	11,90	8,65	3	11,95
Wasser	13,84	12,20	9	14,67
	100,00.			100,00.

Die Verbindung hatte also durch das Trocknen bei 100° C. wesentlich nur Wasser verloren.

VI. Wie bei dem Versuche III. wurde jedes der beiden Salze in 100 Theilen Wasser aufgelöst; die Lösungen aber kochend vermischt, wobei eine starke Gasentwicklung stattfand. Das Ganze wurde so lange im Kochen erhalten, bis dieselbe noch zu bemerken war, worauf der Niederschlag mit heifsem Wasser ausgewaschen wurde. Die von der Fällung getrennte, alkalisch reagirende Flüssigkeit war frei von Zinkoxyd. — Der Niederschlag enthielt eine sehr geringe Menge Schwefelsäure, war aber frei von Natron.

Die Zusammensetzung der Verbindung war folgende:

Bei 60° C. getrocknet.		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	72,24	14,26	3	71,27
Kohlensäure	12,83	9,33	1	12,90
Wasser	14,93	13,27	3	15,83
	100,00.			100,00.

Bei 100° C. getrocknet.				
Zinkoxyd	73,55	14,52	9	73,87
Kohlensäure	13,66	9,93	3	13,37
Wasser	12,79	11,37	7	12,76
	100,00.			100,00.

Bei einer anderen Bereitung hatte der bei 60° getrocknete Niederschlag folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Zinkoxyd	73,81	14,57
Kohlensäure	13,30	9,97
Wasser	12,89	11,45
	100,00.	

Er war also von gleicher Zusammensetzung wie der bei 100° C. getrocknete Niederschlag von einer anderen Bereitung.

Bei den Fällungen der Zinkoxydsalze durch kohlensaures Alkali kann man besser den Einfluſs des Wassers erkennen als bei denen der Salze der Magnesia, des Kupferoxyds, des Kobaltoxyds und des Nickeloxyds, da bei diesen vorzugsweise Verbindungen des Carbonats mit dem Hydrat ausgeschieden werden, welche mit einer gewissen Hartnäckigkeit dem Einfluſs des Wassers widerstehen. Es bilden sich zwar auch bei der Fällung der Zinkoxydsalze Verbindungen nach einfachen Verhältnissen zwischen dem Carbonat und dem Hydrat; sie werden indessen durch ferneren Einfluſs des Wassers, und durchs Trocknen bei einer Temperatur von 100° C. leichter zersetzt, als die Verbindungen von anderen Metalloxyden.

Es ergiebt sich aus den beschriebenen Versuchen, daſs, je mehr bei der Fällung des kohlensauren Zinkoxyds das Wasser als chemische Masse einwirkt, desto mehr durch dasselbe Kohlensäure ausgetrieben wird, und die Menge der sich ausscheidenden gasförmigen Säure wird noch bedeutender, wenn bei der Fällung eine erhöhte Temperatur angewendet wird, wodurch nicht nur jede chemische Einwirkung überhaupt begünstigt, sondern wodurch auch die ausgeschiedene Kohlensäure verjagt wird, welche sonst in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt, und durch deren Gegenwart verhindert werden kann, daſs neue Mengen derselben durch den Einfluſs des Wassers sich ausscheiden.

Die bei gewöhnlicher Temperatur entstandenen Fällungen in concentrirten Auflösungen haben wesentlich die

Zusammensetzung $2\dot{Zn}\ddot{C} + 3\dot{Zn}\dot{H}$ mit noch etwas mehr Wasser. Schon bei der Temperatur von 100° C. wird aus ihnen durch die Gegenwart einer wenn gleich geringen Menge Wassers während des Trocknens Kohlensäure ausgetrieben. Bei sehr verdünnter Auflösung ist aber die Menge der ausgetriebenen Kohlensäure beträchtlicher; die erhaltene Fällung hat dann die Zusammensetzung $\dot{Zn}\ddot{C} + 2\dot{Zn}\dot{H}$. Von derselben Zusammensetzung ist aber auch wesentlich der Niederschlag, der aus kochenden Auflösungen gefällt wird, so dafs diese Verbindung, welche nach einfachen Verhältnissen zusammengesetzt ist, eine gewisse Beständigkeit zu haben scheint. (Eine Ausnahme hiervon machen nur die Resultate des Versuchs V.; hier wurde eine etwas gröfsere Menge von Kohlensäure ausgetrieben als bei dem Versuch VI., bei welchem verdünntere Auflösungen angewandt wurden.)

Die beschriebenen Versuche haben gezeigt, dafs es nicht möglich ist durch einfach-kohlensaures Natron das Zinkoxyd aus der Lösung des schwefelsauren Salzes vollständig in der Kälte niederzuschlagen, wenn von beiden Salzen gleiche Atomgewichte genommen werden. Werden die Lösungen hingegen kochend angewandt, so kann schon bei gleichen Atomgewichten das Zinkoxyd ganz vollständig gefällt werden. Eben so geschieht auch eine gänzliche Ausscheidung des Zinkoxyds in der Kälte, wenn ein Uebermaafs des kohlensauren Alkalis, wenn auch nur ein geringes, genommen wird.

Die Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Niederschläge, welche in den Auflösungen der Zinkoxydsalze durch kohlensaure Alkalien hervorgebracht werden, ist aber weit gröfser, als man nach den beschriebenen Versuchen vermuthen sollte. Die Fällung ist anders zusammengesetzt, so wie die Verhältnisse, unter welchen sie geschieht, sich in etwas verändern. Das Wasser treibt ferner in noch feuchtem Zustande des Niederschlags schon bei der gewöhnlichen Temperatur fortwährend geringe Mengen von

Kohlensäure aus, so dafs die Zusammensetzung derselben eine andere ist im noch feuchten Zustande nach dem Auswaschen, als nach dem Trocknen.

Es wurden zuerst nun ferner die Fällungen untersucht, welche in den Auflösungen der Zinkoxydsalze entstehen, wenn man sie durch mehr als durch ein Atomgewicht vom kohlensauren Alkali fällt. Zur Bereitung eines Zinkoxyds auf nassem Wege lassen die meisten Pharmacopöen, namentlich die preufsische, einen Ueberschufs von kohlensaurem Natron zur Fällung des schwefelsauren Zinkoxyds anwenden.

Nach der preufsischen Pharmacopoe werden zwei Gewichtstheile vom krystallisirten schwefelsauren Zinkoxyd, in 6 Theilen Wassers aufgelöst, durch $2\frac{1}{2}$ Theile krystallisirten kohlensauren Natrons, die in 30 Theilen Wasser gelöst sind, gefällt.

I) Nach dieser Vorschrift wurde der Niederschlag bereitet, und mit kaltem Wasser ausgewaschen. Die Fällung und das Auswaschen geschah während eines Tages. Ein Theil der Fällung wurde nach dem Aussüfsen sogleich zwischen Fliefspapier geprefst, bis dasselbe nicht mehr befeuchtet wurde, und dann sogleich untersucht. Er zeigte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.
Zinkoxyd	35,92	7,09	11
Kohlensäure	7,11	5,17	4
Wasser	56,97	50,64	78
	100,00.		

Der andere Theil des Niederschlags wurde im nassen Zustande vom Filtrum genommen und unter eine Glasglocke neben Schalen von Kalkwasser und concentrirter Schwefelsäure gestellt. Das Kalkwasser trübte sich nach einiger Zeit; nach Hinwegnahme des Kalkwassers wurde die Verbindung unter der Glocke vermittelst concentrirter Schwefelsäure langsam getrocknet. Nach mehreren Wochen war sie durch dieses Verfahren in eine harte opal-

artige Masse verwandelt worden. In diesem Zustande hatte sie folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	71,58	14,13	14	71,43
Kohlensäure	13,84	10,07	5	13,86
Wasser	14,58	13,96	13	14,71
	100,00.			100,00.

Die Zusammensetzung der unmittelbar nach der Fällung untersuchten Verbindung war, was das Verhältniſs des Zinkoxyds zur Kohlensäure betrifft, das nämliche, wie sie auch bei den Niederschlägen, die in der Kälte durch die Zersetzung gleicher Atomgewichte erhalten worden waren, nachdem man sie aber bei 100° getrocknet hatte. Der Ueberschuſs des kohlensauren Alkalis hatte also nicht eine Verbindung hervorbringen können, die reicher an Kohlensäure war, als die, welche durch gleiche Gewichte der sich zersetzenden Salze sich erzeugt hatte.

Das Entweichen von Kohlensäure während des Trocknens bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft zeigt aber, wie lose ein Theil der Kohlensäure gebunden ist, und wie mannigfaltig daher die Zusammensetzung der Niederschläge sich durch das Trocknen verändern kann.

II) Um den Einfluſs des Waschwassers auf die Zusammensetzung des Niederschlags zu untersuchen, wurden wie bei dem Versuch II. gleiche Gewichtsmengen der Auflösungen von beiden sich zersetzenden Salzen in 10 Theilen kalten Wassers mit einander vermischt, der erhaltene Niederschlag aber nicht ausgewaschen, sondern nach dem Filtriren kalt zwischen Flieſspapier gepreſst, und dann bei 100° C. getrocknet. Er hatte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	74,60	14,73	3	75,24
Kohlensäure	13,93	10,13	1	13,62
Schwefelsäure	0,89			
Wasser	10,58	9,40	2	11,14
	100,00.			100,00.

Die kleine Menge des im Niederschlage enthaltenen Natrons wurde nicht bestimmt. Sie war aber so gering, dafs sie keinen wesentlichen Einflufs auf die Zusammensetzung haben konnte. Dieselbe war aber ganz die, wie die der Fällung bei dem Versuch III. und was das Verhältnifs des Zinkoxyds zur Kohlensäure betrifft, auch die der Fällungen, welche aus kochenden Lösungen erhalten worden waren. Das Auswaschen bei diesen Fällungen kann also nicht von bedeutendem Einflufs gewesen seyn.

Wie verschieden aber die Zusammensetzung der Niederschläge seyn kann, welche aus Auflösungen von schwefelsaurem Zinkoxyd und kohlensaurem Natron erhalten werden, zeigt die Untersuchung einer Reihe von Fällungen, welche Hr. Wittstock mit vieler Sorgfalt dargestellt hat, um das passendste Verhältnifs beider Salze zur Erzeugung eines Niederschlags zu ermitteln, der durch schwaches Rothglühen ein möglichst reines Zinkoxyd zum pharmaceutischen Gebrauch liefern könnte. Er theilte mir diese Niederschläge zur quantitativen analytischen Untersuchung mit. Sie waren bald in sehr bedeutenden, bald in geringeren Mengen dargestellt, immer aber vollkommen mit destillirtem Wasser ausgewaschen worden.

III) Es waren zur Fällung die beiden Salze in dem Verhältnifs, wie es von der preufsischen Pharmacopoe verlangt wird, angewandt worden, nämlich 12 Quentchen schwefelsaures Zinkoxyd und 15 Quentchen kohlensaures Natron, ersteres in drei, letzteres in zwölf Theilen Wasser aufgelöst. Die Fällung der Auflösung geschah bei 30° C. Der Niederschlag war mit kochendem Wasser ausgewaschen worden. Die filtrirte Flüssigkeit trübte sich ein wenig durchs Zusetzen von kohlensaurem Natron. Die Verbindung war rein von Schwefelsäure und Alkali, enthielt aber eine geringe Menge (0,15 Proc.) Kalkerde, welche nur von dem angewandten kohlensauren Natron herrühren konnte, das, wenn es aus Fabriken im krystallisirten Zustande erhalten wird, öfters eine kleine Menge von kohlensaurer Kalkerde (als Gay-Lussit) enthält. —

Ohne Rücksicht auf diese kleine Verunreinigung war die Zusammensetzung der Verbindung, bei 100° C. getrocknet, folgende:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	73,72	14,55	8	74,49
Kohlensäure	15,12	11,00	3	15,16
Wasser	11,16	9,92	5	10,35
	100,00.			100,00.

Durch die Einwirkung des kochenden Wassers beim Auswaschen wurde der Verbindung also etwas mehr Kohlensäure entzogen, als bei Behandlung derselben mit kaltem Wasser. (Versuch I) S. 116.)

IV) Fast dasselbe Verhältnifs der Salze, und dieselbe Menge des Wassers und auch dieselben Quantitäten wie bei dem vorhergehenden Versuche wurden angewandt, nur da beim vorigen Versuche die filtrirte Flüssigkeit durch kohlensaures Natron getrübt wurde, so wurden statt 15 Quentchen des kohlensauren Natrons 15½ genommen. Die Lösungen wurden kalt mit einander vermischt, und der Niederschlag mit kaltem Wasser ausgewaschen. Die filtrirte Flüssigkeit trübte sich nicht durch kohlensaures Natron. Bei 100° C. getrocknet hatte die Fällung, die frei von Schwefelsäure war, folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	74,37	14,68	14	74,81
Kohlensäure	14,47	10,52	5	14,50
Wasser	11,16	9,92	9	10,69
	100,00.			100,00.

Die Verbindung hat also dieselbe Zusammensetzung wie die auf gleiche Weise dargestellte und ausgewaschene Fällung (Versuch I) S. 117) nur, weil jene nicht bei 100° C., sondern nur vermittelst concentrirter Schwefelsäure getrocknet worden war, enthielt sie mehr Wasser.

Die Niederschläge, so wie die meisten der beschriebenen Fällungen bestanden zufolge der mikroskopischen Be-

sichtigung aus hautartigen Massen und amorphen Kügelchen, beide mit einander gemengt; bisweilen lagen letztere in ersteren porphyrartig. Etwas Krystallinisches war darin nicht zu entdecken.

V) Ein merkwürdiges Resultat zeigte sich bei der Untersuchung der Verbindung, wenn dieselbe in bedeutender Menge dargestellt worden war. Es wurden nämlich 12 Pfd. des schwefelsauren Zinkoxyds durch 15 Pfd. des kohlensauren Natrons zersetzt; die Salze waren in denselben Mengen Wasser aufgelöst worden wie bei dem Versuch I). Vor der Fällung waren die Lösungen bis zu 30° erhitzt worden; der Niederschlag wurde zuerst mit heifsem, und dann mit kaltem Wasser ausgewaschen. Getrocknet wurde er zuerst an der Luft, und dann bei einer Temperatur von ungefähr 37°. Er war frei von Schwefelsäure. Bei 100° C. getrocknet, hatte er folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	71,61	14,13	2	72,33
Kohlensäure	19,61	14,26	1	19,64
Wasser	8,78	7,80	1	8,03
	100,00.			100,00.

Eine so einfache Zusammensetzung mit so wenig Zinkoxydhydrat hatte keine von den bisher untersuchten Verbindungen gezeigt. Besonders auffallend war es, dafs beim Auswaschen heifses Wasser, wenn auch nur zum Theil, angewandt und dennoch ein Oxyd erhalten worden war, welches reicher an neutralem kohlensauren Zinkoxyd war, als alle andere analysirten Verbindungen. Es mufs hier der Umstand gewirkt haben, dafs sowohl bei der Fällung, als auch beim Trocknen der sehr grofsen Menge, weniger Kohlensäure ausgeschieden werden konnte, die um so weniger aus einer Substanz entweichen kann, je mehr dieselbe von Kohlensäure umgeben ist.

VI) Wenn die Verbindung des Versuchs V) sich unter den nämlichen Verhältnissen bilden kann, so kann sie von derselben merkwürdigen einfachen Zusammensetzung

erhalten werden. Als der Versuch mit denselben bedeutenden Quantitäten und unter denselben Verhältnissen wiederholt wurde, nur dafs eine geringe Menge des kohlensauren Natrons mehr angewandt und mit kaltem Wasser ausgewaschen wurde, wurde ganz dasselbe Resultat erhalten. Die Zusammensetzung der erhaltenen bei 100° C. getrockneten Verbindung war nämlich bei zwei Versuchen folgende:

	I.	II.
Zinkoxyd	71,33	71,14
Kohlensäure	20,63	20,12
Wasser	8,04	8,74
	100,00.	100,00.

Auch diese Verbindung war ganz frei von Schwefelsäure und von Natron.

Aber so einfach diese Zusammensetzung ist, so ist es doch wohl möglich, dafs die Verbindung selbst keine so ganz einfache sey, sondern eine Mengung von mehreren. Denn bei der mikroskopischen Besichtigung zeigte es sich, dafs sie aus sehr kleinen unregelmäfsigen Körpern, gemengt mit etwas gröfseren von einem andern Ansehen, bestand. Erkennbare Krystalle aber waren darin nicht zu entdecken.

Durch die Mannigfaltigkeit der Verbindungen zwischen Carbonat und Hydrat, welche bei der Fällung des schwefelsauren Zinkoxyds vermittelst des kohlensauren Natrons entstehen, zeichnet sich das Zinkoxyd, wie auch schon oben bemerkt wurde, wesentlich in seinem Verhalten vor andern Metalloxyden aus, bei denen gewisse Verbindungen von Carbonat und Hydrat nach bestimmten Verhältnissen vorzugsweise entstehen, die oft der Einwirkung von vielem Wasser ziemlich widerstehen können.

Das Zinkoxyd zeigt bei der Fällung aus seinen Auflösungen vermittelst des kohlensauren Alkalis weit weniger eine andere Eigenschaft, die bei der Fällung mancher anderer Oxyde stark hervortritt. Der Niederschlag der Verbindung des kohlensauren Zinkoxyds mit Zinkoxydhydrat

zersetzt bei der Fällung bei erhöhter Temperatur und beim Kochen weniger das entstandene alkalische schwefelsaure Salz, namentlich das schwefelsaure Natron, das in allen beschriebenen Versuchen sich gebildet hat, als die ähnlichen Verbindungen anderer Oxyde diefs zu bewerkstelligen im Stande sind. Wir haben gesehen, in welchem hohen Grade namentlich die Verbindung von kohlensaurem Kupferoxyd mit Kupferoxydhydrat durch ein unlösliches basisches schwefelsaures Kupferoxyd verunreinigt werden kann, wenn die Fällung des schwefelsauren Kupferoxyds durch kohlensaures Alkali in der Kochhitze geschieht [1]), aber auch die Verbindungen von kohlensaurem Kobalt- und Nickeloxyd mit den Hydraten dieser Oxyde enthalten nicht unbeträchtliche Mengen von Schwefelsäure, selbst oft wenn sie auch in der Kälte gefällt worden sind.

Aber die Verbindung des kohlensauren Zinkoxyds mit Zinkoxydhydrat ist nicht ganz ohne Einflufs auf schwefelsaures Alkali. Es wurde die Verbindung $\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{Zn}\dot{\bar{H}}$ aus den Versuchen V) und VI), welche ganz frei von jeder Spur von Schwefelsäure bei der Untersuchung sich zeigte, mit einer Auflösung von schwefelsaurem Natron einige Zeit hindurch gekocht, und darauf nach dem Filtriren so lange mit heifsem Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser vollkommen frei von Schwefelsäure war. Wurde darauf die Zinkoxydverbindung in Chlorwasserstoffsäure gelöst, so gab die Lösung einen bedeutenden Niederschlag von schwefelsaurer Baryterde vermittelst Chlorbaryum. Wurde andererseits die von der Zinkoxydverbindung getrennte Flüssigkeit durch Abdampfen concentrirt, so bläute sie stark geröthetes Lackmuspapier, und zeigte bei der Uebersättigung vermittelst Chlorwasserstoffsäure ein deutliches Brausen von entweichender Kohlensäure.

Wenn nun auch die Verbindung von kohlensaurem Zinkoxyd mit Zinkoxydhydrat in einem geringeren Grade die Neigung hat sich mit unlöslichem basisch schwefelsau-

1) Pogg. Ann. Bd. 84, S. 470

rem Oxyde zu verbinden, so ist jedoch die Berücksichtigung dieser Eigenschaft von einem praktischen Interesse, wenn jene Verbindung in gröfseren Mengen dargestellt wird, um aus ihr durch schwaches Glühen ein Zinkoxyd zum pharmaceutischen Gebrauche zu bereiten. Hr. Wittstock, der in dieser Hinsicht vielfältige Erfahrungen eingesammelt hat, hat mir mehrere Bemerkungen mitgetheilt, die wohl die Aufmerksamkeit der Pharmaceuten verdienen.

Dafs die gefällte Verbindung von kohlensaurem Zinkoxydhydrat Schwefelsäure als basisches Salz enthält, kann man derselben, wenn sie im Grofsen dargestellt worden ist, schon ansehen. Sie hat nämlich in diesem Falle eine kleisterartige Beschaffenheit. Nach dem vollkommnen Auswaschen ist sie bei Anwesenheit von auch nur etwas Schwefelsäure nach dem Trocknen hart und dicht, und nach dem schwachen Glühen sandig anzufühlen und nicht zart, wie das reine Oxyd.

Bei der Bereitung im Grofsen vermeidet man die Verunreinigung durch basisch schwefelsaures Zinkoxyd möglichst auf die Weise, dafs man, wie diefs auch die preufsische Pharmacopoe vorschreibt, einen, wenn auch nicht sehr bedeutenden Ueberschufs von kohlensaurem Natron anwendet, und die Auflösung des schwefelsauren Zinkoxyds in die des kohlensauren Alkalis nach und nach, aber nicht umgekehrt, bringt, dafs man vor allen Dingen nach dem jedesmaligen Eintragen der Zinkoxyd-Lösung sehr fleifsig umrührt, damit alle Theile derselben schnell mit der Auflösung des kohlensauren Alkalis in Berührung kommen. Wenn man mit Vorsicht arbeitet, kann man die Auflösungen der sich zersetzenden Salze kalt mit einander vermischen, aber sicherer ist, eine etwas höhere Temperatur anzuwenden. Es hat oft bei Bereitungen im Grofsen Schwierigkeiten, die Auflösungen stark zu erhitzen; aber es ist leicht, indem man die Töpfe mit den kalt bereiteten Lösungen in ein Wasserbad setzt, ihnen eine Temperatur von 30° C. zu geben. Noch besser ist es vor der Vermischung die Temperatur bis zu 60° C. zu erhöhen; diefs

ist aber schon etwas umständlicher. Man mischt dann unter den oben angegebenen Vorsichtsmaafsregeln. Beim Auswaschen, auch wenn man sehr im Grofsen arbeitet, darf man nur destillirtes oder nur reines Flufswasser anwenden, denn gebraucht man dazu Brunnenwasser, das, wie namentlich in Berlin, zweifach-kohlensaure Kalkerde aufgelöst enthält, so bildet sich beim Auswaschen einfach-kohlensaure und schwefelsaure Kalkerde von denen erstere gar nicht, und letztere äufserst schwer durchs Aussüfsen vom Niederschlage zu trennen ist. Beim Auswaschen bemerkt man eine Erscheinung, auf welche ich schon bei mehreren Gelegenheiten aufmerksam gemacht habe, und welche bei der Fällung fast aller kohlensaurer Metalloxyde durch kohlensaure Alkalien eintritt; es wird nämlich das schwefelsaure Alkali zuerst ausgewaschen, und, wenn dieses durchs Auswaschen schon entfernt ist, enthält das Waschwasser noch kohlensaures Alkali. Es ist rathsam, wenn man den Niederschlag auf einem benetzten Spitzbeutel gesammelt hat, und alle Flüssigkeit vollständig abgelaufen ist, denselben vom Beutel abzunehmen, mit heifsem Wasser gut anzurühren, und das Gemenge auf den Beutel zurückzugiefsen. Wenn man ungefähr 12 Pfund schwefelsaures Zinkoxyd angewandt hat, so mufs diese Operation bei dem Niederschlage ungefähr viermal wiederholt werden.

Kochend die Auflösungen der sich zersetzenden Salze zu vermischen, und nach der Zersetzung noch zu kochen ist nicht rathsam, weil, wie aus dem so eben beschriebenn Versuch hervorgeht, dadurch gerade unlösliches basisch-schwefelsaures Zinkoxyd gebildet werden kann. Hat sich aus Mangel an Vorsicht beim Vermischen der Auflösungen eine kleisterartige Fällung gebildet, die basisch-schwefelsaures Zinkoxyd enthält, so wird diese durch einen grofsen Zusatz von kohlensaurem Natron nicht zersetzt. Es giebt dann kein anderes Mittel, dem Uebel abzuhelfen, als den Niederschlag in einer Säure, am besten in Salpetersäure, aufzulösen und noch einmal mit Vorsicht durch kohlensaures Alkali zu fällen.

Mehrere pharmaceutische Chemiker sind der Meinung, dafs es fast ganz unmöglich ist, ungeachtet aller Sorgfalt den Niederschlag der Verbindung des kohlensauren Zinkoxyds mit dem Zinkoxydhydrat ganz frei von Schwefelsäure zu erhalten. Einige schreiben auch deshalb vor, die Fällung aus einer salpetersauren oder chlorwasserstoffsauren Auflösung des Zinkoxyds vermittelst kohlensauren Natrons zu bewirken. Aber wenn man die oben angeführten Vorsichtsmaafsregeln anwendet, erhält man den Niederschlag immer frei von Schwefelsäure.

Man hat vorgeschlagen, das gefällte Zinkoxyd nach dem Glühen mit Wasser auszuwaschen und auszukochen [1]). Dadurch würde aber die Schwefelsäure nicht aus dem Präparate entfernt, wenn sie als unlösliches basisches schwefelsaures Zinkoxyd darin enthalten war. Das geglühte Zinkoxyd würde bei dieser Verunreinigung nach dem Auswachen mit kochendem Wasser sandig wie zuvor bleiben. Die Behandlung des gefällten Oxyds mit Wasser könnte nur schwefelsaures oder kohlensaures Alkali ausziehen, wenn es nicht gut ausgewaschen worden war.

Immer rein von Schwefelsäure erhält man den Niederschlag, wie diefs auch aus den folgenden Versuchen hervorgeht, wenn man zur Fällung zweifach-kohlensaures Natron anwendet, das jetzt zu sehr wohlfeilen Preisen im Handel vorkommt.

Fällungen vermittelst des zweifach-kohlensauren Natrons und Kalis.

Diese Versuche wurden besonders in der Absicht angestellt, um ein möglichst neutrales kohlensaures Zinkoxyd zu erhalten.

I. Gleiche Atomgewichte von schwefelsaurem Zinkoxyd und vom Natron-Bicarbonat, jedes derselben in 10 Theilen kalten Wassers gelöst, wurden vermischt. Der sehr voluminöse Niederschlag, der dadurch entstand, war frisch gefällter Thonerde sehr ähnlich; er hatte sich nach 24 Stunden noch nicht gesenkt. Bei der Fällung konnte eine

1) Mohr's Commentar zur preufsischen Pharmacopoe Bd. 2, S. 452.

Kohlensäureentwicklung nicht bemerkt werden, auch später stiegen nur wenige Gasblasen aus der Flüssigkeit auf. Der Niederschlag wurde nach 24 Stunden filtrirt, und so lange mit kaltem Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser nicht mehr auf Schwefelsäure reagirte. Die Fällung, welche nach dem Auswaschen ihre voluminöse Beschaffenheit behalten hatte, wurde vom Filtrum gebracht, und im luftleeren Raum über Schwefelsäure getrocknet. Dabei aber sank sie sehr zusammen, und es schied sich ein dichter körniger Absatz unter einer bedeutenden Menge von einer klaren Flüssigkeit ab, welche abgegossen nach dem Abdampfen keinen Rückstand hinterliefs, also aus reinem Wasser bestand. Der Absatz unter der Luftpumpe über Schwefelsäure weiter getrocknet, hatte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	71,20	14,05	5	71,69
Kohlensäure	15,90	11,56	2	15,57
Wasser	12,20	11,47	4	12,74
	100,00.			100,00.

Es ist diefs aber ganz die Zusammensetzung wie sie bei dem Versuche I. aus dem Zinkoxydsalze durch einfach-kohlensaures Natron in kalten concentrirten Lösungen erhalten wurde. Der Niederschlag hatte in diesem Falle eine grofse Menge von Kohlensäure nur dadurch auf eine merkwürdige Weise verloren, dafs er im feuchten oder vielmehr im nassen Zustande dem luftleeren Raume ausgesetzt wurde, wodurch die Austreibung einer grofsen Menge von Kohlensäure sehr begünstigt werden konnte. Wir werden sehen, dafs in allen anderen Fällungen, welche in Zinkoxydsalzen durch die alkalischen Bicarbonate hervorgebracht wurden, bei weitem mehr Kohlensäure enthalten ist, wenn sie nicht der Einwirkung des luftleeren Raumes ausgesetzt worden waren.

II. Die Fällung geschah bei diesem Versuche durch einen grofsen Ueberschufs von zweifach-kohlensaurem Natron. Der Niederschlag war so voluminös, dafs er anfangs

den ganzen Raum des Glases ausfüllte, in welchem die Fällung geschah. Er senkte sich schwer und langsam; aber nach zweimonatlichem Stehen war er dicht, gleichsam krystallinisch geworden, und nahm ein sehr geringes Volum ein. Er wurde abfiltrirt, die abfiltrirte Flüssigkeit enthielt viel Zinkoxyd, im Wasserbade durch Abdampfen concentrirt schieden sich aus ihr beim Erkalten eine großse Menge Krystalle ab, die aber nur aus schwefelsaurem Zinkoxyd bestanden.

Der Niederschlag wurde nicht ausgesüfst, sondern zwischen Fliefspapier geprefst. Er wurde darauf sowohl im lufttrocknen Zustande, als auch nach dem Trocknen bei 100° C. untersucht. Dadurch verlor er, obgleich er sehr reich an Kohlensäure war, nur Wasser, und keine, oder nur eine aufserordentlich geringe Menge von Kohlensäure.

Die Zusammensetzung im lufttrocknen Zustande war folgende:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	62,71	12,38	15	64,40
Natron	0,47	0,12		
Kohlensäure	27,88	20,28	12	27,97
Schwefelsäure	1,23	0,74		
Wasser	7,71	6,85	8	7,63
	100,00.			100,00.

Bei 100° C. getrocknet zeigte die Verbindung sich folgendermafsen zusammengesetzt:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	66,03	13,03	5	67,63
Natron	0,49	0,12		
Kohlensäure	28,72	20,89	4	29,37
Schwefelsäure	1,28	0,76		
Wasser	3,48	3,09	1	3,00
	100,00.			100,00.

Die Schwefelsäure ist mit dem Natron, aber auch noch mit Zinkoxyd verbunden.

Von allen Fällungen aus der Auflösung des Zinkoxydsalzes vermittelst kohlensauren Alkalis, die im Vorhergehenden beschrieben worden sind, enthält diese die gröfste Menge von Kohlensäure gegen das Zinkoxyd, und sie nähert sich sehr der des neutralen kohlensauren Zinkoxyds. Die Zusammensetzung ist im lufttrocknen Zustande $12\dot{Zn}\ddot{C} + 3\dot{Zn}\dot{H} + 5\dot{H}$ und bei 100° C. $4\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{Zn}\dot{H}$.

Die Verbindung hat ein krystallinisches Ansehen. Sie besteht auch bei der mikroskopischen Besichtigung der gröfsten Masse nach aus polyëdrischen Krystallen, aber gemengt mit amorphen Kügelchen, welche zum Theil an einander gedrückt sind, und einer sehr geringen Menge von amorphen Häuten.

Auch Hr. Wittstock hatte mehrere Fällungen aus Auflösungen von schwefelsaurem Zinkoxyd vermittelst des zweifach-kohlensauren Natrons mit Sorgfalt dargestellt, deren Untersuchung er mir übertrug. Die folgenden drei Versuche sind mit den Niederschlägen dargestellt, welche von ihm bereitet worden waren.

III. Die Lösungen von zwölf Quentchen des schwefelsauren Zinkoxyds in drei Theilen Wasser und von zehn des Natronbicarbonats in 12 Th. Wasser (es sind diefs 1 Atomgewicht des ersteren Salzes gegen 1 Th. Atomgewicht des letzteren) wurden kalt mit einander vermischt. Der so aufgequollene Niederschlag setzte sich nicht früher ab, als bis er mit sehr vielem Wasser verdünnt worden war, wodurch er die voluminöse Beschaffenheit verlor und sich leicht auswaschen liefs. Das Auswaschen geschah mit kaltem Wasser. Das Zinkoxyd war vollständig ausgefällt worden. Der Niederschlag war frei von Schwefelsäure. Bei 100° C. getrocknet hatte er folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	71,88	14,19	9	71,98
Kohlensäure	17,74	12,90	4	17,36
Wasser	10,38	9,22	6	10,66
	100,00.			100,00.

IV.

IV. Der Versuch wurde wiederholt; nur wurde etwas weniger des zweifach-kohlensauren Natrons genommen, und zwar gegen 4 Gewichtstheile des schwefelsauren Zinkoxyds, 4 Th. des Bicarbonats; es wurden aber gröfsere Mengen angewandt, und zwar nicht weniger als ein Pfund des Zinkoxydsalzes. Das Zinkoxyd war vollständig ausgefällt worden. Der Niederschlag enthielt keine Schwefelsäure. Bei 100° C. getrocknet hatte er folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	72,34	14,28	9	71,98
Kohlensäure	17,40	12,65	4	17,36
Wasser	10,26	9,12	6	10,66
	100,00.			100,00.

Er war also ganz so zusammengesetzt wie der des vorigen Versuchs, auch hatte er bei der mikroskopischen Besichtigung ein ganz ähnliches Ansehen. Beide Niederschläge zeigten sich nämlich aus gleichförmigen kleinen nicht krystallinischen oder nicht deutlich krystallinischen Körperchen zusammengesetzt.

V. Es wurde endlich noch ein Versuch im Grofsen angestellt, indem nicht weniger als 13 Pfund des schwefelsauren Zinkoxyds, in der dreifachen Menge, also in 39 Pfund, destillirten Wassers aufgelöst, durch 11 Pfund zweifach-kohlensaures Natron, in 70 Quart destillirten Wassers aufgelöst, gefällt wurden. Die Fällung fand nicht bei gewöhnlicher Temperatur, sondern bei ungefähr 35° C. statt; das Auswaschen geschah vom Anfang bis zu Ende durch destillirtes Wasser. Nach der Fällung wurde der Niederschlag auf einen Spitzbeutel gebracht, und nachdem die Flüssigkeit abgelaufen war, aus demselben herausgenommen, mit kaltem Wasser angerührt, und wiederum auf den Spitzbeutel gebracht. Nachdem diese Operation viermal wiederholt worden war, war in der abgelaufenen Flüssigkeit nur noch eine aufserordentlich geringe Spur von Schwefelsäure vorhanden, dagegen zeigte sie eine starke

Reaction auf kohlensaures Natron. Es wurde also wiederum die Fällung mit Wasser angerührt, und das Ganze in einem Wasserbad der Temperatur des kochenden Wassers während einiger Stunden ausgesetzt, worauf sie auf dem Spitzbeutel vollständig mit kaltem Wasser ausgewaschen wurde. Nach dem Abtropfen des Wassers wurde der Niederschlag so lange zwischen Löschpapier gepreſst, bis er dasselbe nicht mehr befeuchtete, und darauf in einem Trockenofen bei ungefähr 35° C. getrocknet. Er stellte dann ein Pulver von schöner lockerer Beschaffenheit dar.

Das Auswaschen eines so bedeutenden Niederschlages hatte zwar sehr viel destillirtes Wasser erfordert, doch lange nicht so viel als ähnliche Mengen einer Fällung, welche durch einfach-kohlensaures Natron niedergeschlagen worden sind. Bei dem jetzigen wohlfeilen Preise des Natron-Bicarbonats ist vielleicht diese Bereitung des kohlensauren Zinkoxydhydrats die vortheilhafteste, wenn man aus demselben durch schwaches Glühen Zinkoxyd darstellen will. Man erhält wenigstens den Niederschlag auf diese Weise am sichersten rein von jeder Spur von Schwefelsäure.

Wie die Fällungen, welche aus sehr bedeutenden Mengen von einfach kohlensaurem Natron und vom schwefelsauren Zinkoxyd erhalten worden waren (S. 120), so hatte auch diese eine sehr einfache Zusammensetzung. Bei 100° C. getrocknet zeigte sie sich nämlich folgendermaſsen zusammengesetzt:

		Sauerstoff.	At.
Zinkoxyd	69,01	13,62	3
Kohlensäure	24,71	17,97	2
Wasser	6,28	5,58	1
	100,00.		

Die Verbindung enthält aber bei 100° getrocknet, etwas mehr Wasser als die einfache Formel $2\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{Zn}\dot{\text{H}}$ erfordert. Die gefundene Zusammensetzung entspricht eben

so gut der Formel $6\dot{Zn}\ddot{C}+3\dot{Zn}\dot{\bar{H}}+\dot{\bar{H}}$. Die berechnete Zusammensetzung nach beiden Formeln ist folgende:

	$2\dot{Zn}\ddot{C}+\dot{Zn}\dot{\bar{H}}$.	$6\dot{Zn}\ddot{C}+3\dot{Zn}\dot{\bar{H}}+\dot{\bar{H}}$.
Zinkoxyd	69,64	68,47
Kohlensäure	25,20	24,77
Wasser	5,16	6,76
	100,00.	100,00.

Bei der mikroskopischen Besichtigung erscheint die Verbindung sehr gleichförmig zusammengesetzt. Sie bildet eben solche amorphe Kügelchen, wie die Niederschläge, welche aus Kobaltoxydauflösungen durch zweifach-kohlen saures Kali oder Natron erhalten worden waren (Bd. 84, S. 555 und 556).

VI. Das zweifach-kohlensaure Kali verhält sich gegen eine Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd etwas anders als das zweifach-kohlensaure Natron, und durch seine Anwendung gelang es endlich ein neutrales kohlensaures Zinkoxyd darzustellen.

Die Auflösung von einem Atomgewicht des schwefelsauren Zinkoxyds in kaltem Wasser wurde mit einer kalt bereiteten Auflösung von anderthalb bis zwei Atomgewichten von zweifach-kohlensaurem Kali versetzt. Unter lebhafter Kohlensäure-Entwicklung entstand ein voluminöser Niederschlag, der nach Verlauf von sieben bis acht Tagen dichter geworden war und sich gut abgesetzt hatte. Diese Fällung wird also weit früher dichter als die, welche vermittelst des zweifach-kohlensauren Natrons entsteht. Nach einem Stehen von 14 Tagen wurde sie filtrirt, und mit einer Auflösung von zweifach-kohlensaurem Kali so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser vollkommen rein von Schwefelsäure befunden wurde, was in sehr kurzer Zeit erreicht werden konnte.

Der Niederschlag wurde in zwei Theile getheilt. Der eine wurde nach dem Auswaschen mit einer Auflösung von zweifach-kohlensaurem Kali sogleich zwischen Fliefspapier trocken geprefst, der andere aber mit kaltem Was-

ser so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser beim Verdampfen keinen Rückstand mehr hinterliefs.

Bei der mikroskopischen Besichtigung zeigten beide, der nicht ausgewaschene und der ausgewaschene Niederschlag, eine vollkommen gleiche merkwürdige Beschaffenheit. Sie bilden kleine, durchsichtige Krystalle, die Würfel zu seyn scheinen. Aber es können diese Krystalle nur scheinbare Würfel seyn, denn untersucht man sie unter dem Mikroskope im polarisirten Lichte, so sieht man, dafs sie starke Farben geben. Sie sind also wahrscheinlich Rhomboëder, die dem Würfel nahe kommen. Es scheint mir nicht, dafs sie mit dem Rhomboëder des Kalkspaths oder vielmehr des Zinkspaths übereinstimmen, dessen Winkel 107° 40′ beträgt, doch ist es nicht gut möglich, diefs durch eine blofs mikroskopische Untersuchung mit Sicherheit zu entscheiden. Es würde auch mit dieser Krystallform schwer der Wassergehalt in Verbindung zu bringen seyn.

Die nicht ausgewaschene Fällung nach dem Pressen zwischen Fliefspapier untersucht, hatte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.
Zinkoxyd	51,62	10,19	1
Kali	1,48	0,25	
Kohlensäure	29,75	21,63	1
Wasser	17,15	15,24	1½
		100,00.	

Der mit Wasser ausgewaschene Niederschlag zeigte sich bei der Untersuchung im lufttrocknem, fast noch etwas feuchtem, Zustande folgendermafsen zusammengesetzt:

		Sauerstoff.	At.
Zinkoxyd	55,04	10,86	1
Kali	0,50	0,08	
Kohlensäure	29,16	21,21	1
Wasser	15,30	13,60	1¼
	100,00.		

Beide Verbindungen enthalten noch etwas zweifach-kohlensaures Kali, selbst auch das mit Wasser ausgewaschene; ein Beweis, dafs sich das zweifach-kohlensaure Kali nicht so leicht vollkommen vom kohlensauren Zinkoxyd trennen läfst, als das zweifach-kohlensaure Natron.

Das nicht ausgewaschene Salz enthält gegen 40 Atome des neutralen kohlensauren Zinkoxyds, $\dot{Z}n\ddot{C}$, nur 1 Atom zweifach-kohlensaures Kali gemengt oder verbunden. Die Menge der gefundenen Kohlensäure ist hinreichend, oder selbst noch um etwas gröfser als nöthig ist, um mit der gefundenen Menge von Zinkoxyd die neutrale Verbindung, und um mit dem Kali Bicarbonat zu bilden.

In dem ausgewaschenen Salze sind fast 136 Atome des kohlensauren Zinkoxyds gegen ein Atom des Bicarbonats enthalten. Die Kohlensäure ist aber schon um eine geringe Menge weniger vorhanden, als nöthig ist, um mit den beiden Basen Carbonat und Bicarbonat zu bilden.

Wird die ausgewaschene Verbindung bis zu 100° C. erhitzt, so verliert sie nur Wasser, aber keine Kohlensäure. Sie zeigte dann nämlich folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.
Zinkoxyd	62,51	12,34	1
Kali	0,58	0,10	
Kohlensäure	33,06	24,04	1
Wasser	3,85	3,42	$\frac{1}{4}$
	100,00.		

Das Wasser ist also nicht als Zinkoxydhydrat in der Verbindung enthalten, da es gröfstentheils bei 100° C. entweicht.

Das neutrale kohlensaure Zinkoxyd hat schon früher Senarmont, aber auf eine andere Weise dargestellt [1]). Er giebt an, dafs es im Gegensatz zu den andern von ihm dargestellten neutralen kohlensauren Salzen, leicht durch Säuren angegriffen wird, was auch bei der so eben beschriebenen Verbindung der Fall ist.

1) *Ann. de Chim. et de Physique* 3. Reihe, Bd. 30, S. 139.

Déville hat bei seinen Untersuchungen eine krystallinische Verbindung von zweifach-kohlensaurem Kali mit kohlensaurem Zinkoxyd, und Zinkoxydhyrat (von der nicht einfachen und deshalb nicht sehr wahrscheinlichen Zusammensetzung $4\dot{K}\ddot{C}^2 + 3\dot{Zn}\ddot{C} + 3\dot{Zn}\dot{H} + 5\dot{H}$) und ein zweites krystallinisches Salz von einfach kohlensaurem Natron mit neutralem kohlensauren Zinkoxyd und Wasser (nach der Zusammensetzung $3\dot{Na}\ddot{C} + 8\dot{Zn}\ddot{C} + 8\dot{H}$) erhalten [1]). Vielleicht waren beide Verbindungen Mengungen mehrerer Salze.

Durch die Fällung des schwefelsauren Zinkoxyds vermittelst des zweifach-kohlensauren Natrons können sich die schon so zahlreichen und mannigfaltigen Verbindungen des kohlensauren Zinkoxyds mit dem Zinkoxydhydrat um ein Ansehnliches vermehren. Wenn wir die Verbindung des ersten Versuchs S. 125 ausnehmen, bei welcher im feuchten Zustande eine bedeutende Menge von Kohlensäure durch das Wasser im luftleeren Raume ausgetrieben worden ist, so enthalten alle Fällungen durch das Bicarbonat, selbst wenn dabei eine höhere Temperatur angewandt worden ist, bei weitem mehr Kohlensäure, als die durch einfach-kohlensaures Natron erzeugten. Bei gehöriger Vorsicht konnte selbst eine Fällung erhalten werden, die der neutralen Verbindung nahe kommt. Durch Kali-Bicarbonat wird diese leicht dargestellt.

Dafs die meisten der Niederschläge sowohl der durch einfach- als auch der durch zweifach-kohlensaures Natron erzeugten nicht aus eigenthümlichen Verbindungen bestehen, sondern aus Mengungen mehrerer, ergab bei den meisten die mikroskopische Besichtigung. Man konnte in ihnen deutlich Körper verschiedenen Ansehens unterscheiden, zuweilen selbst von dreierlei Art.

Wenn in der Kälte das Zinkoxydsalz durch einfach-kohlensaures Natron gefällt wird, so fällt zuerst, während Koh-

1) *Ann. de Chim. et de Physique* 3. Reihe, Bd. 33, S. 99.

lensäure durch das Wasser ausgetrieben wird, neben dem Zinkoxydhydrat eine Verbindung von kohlensaurem Zinkoxyd mit kohlensaurem Alkali, welche aber nicht durch das Waschwasser, sondern schon nach einiger Zeit allmälig durch das vorhandene Wasser zerlegt wird, so dafs die Fällung auch ohne ausgewaschen zu werden, kein kohlensaures Alkali, wenigstens nicht wesentlich enthält, wie diefs aus dem Seite 117 beschriebenen Versuche hervorgeht. Vielleicht giebt es auch eine auflösliche Verbindung von kohlensaurem Zinkoxyde mit einfach- (oder vielleicht auch mit zweifach-) kohlensaurem Alkali; denn immer bleibt Zinkoxydsalz unzersetzt, wenn man nur gleiche Atomgewichte der sich zersetzenden Salze angewandt hat. Nur bei einem Ueberschufs von kohlensaurem Alkali, sowohl des Carbonats als auch des Bicarbonats, kann in der Kälte die ganze Menge des Zinkoxyds gefällt werden. Aber beim Kochen wird schon auch bei Anwendung von gleichen Atomgewichten, das Zinkoxyd vollständig ausgeschieden. Es geht diefs aus den Versuchen I bis IV. hervor, die oben S. 108 bis S. 113 beschrieben worden sind.

Schon die grofse Menge von Verbindungen von kohlensaurem Zinkoxyd mit Zinkoxydhydrat, die man durch Fällung erhält, zeigt, dafs die Kohlensäure eine geringere Verwandtschaft zum Zinkoxyd hat, als einige andere ähnliche Oxyde, wenigstens verliert das kohlensaure Zinkoxyd leichter einen Theil der Kohlensäure durch geringe Einflüsse, als diefs bei anderen kohlensauren Oxyden der Fall ist, wenn diese in einem bestimmten Verhältnisse mit Oxydhydrat verbunden sind. Die geringere Verwandtschaft des Zinkoxyds zur Kohlensäure, als namentlich die Magnesia gegen die Kohlensäure äufsert, ergiebt sich aber auch noch aus dem Verhalten des kohlensauren Zinkoxyds und der Verbindungen desselben mit Zinkoxydhydrat bei höheren Temperaturen.

Bis zu 150° C. erhitzt, verlor die bei 100° getrocknete Verbindung des Versuchs VI. (S 113.) noch nicht be-

deutend an Kohlensäure und an Wasser. Sie zeigte dann folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	74,45	14,60	13	74,74
Kohlensäure	12,40	9,02	4	12,48
Wasser	13,15	11,69	10	12,78
	100,00.			100,00.

Sie hatte sich in ihrer Zusammensetzung daher sehr wenig verändert.

Als die Verbindung aus dem Versuche II. S. 109, bei welchem die Auflösung des Zinkoxydsalzes in 10 Theilen kalten Wassers durch kohlensaures Natron kalt gefällt worden war, und welche bei 100° C. getrocknet die Zusammensetzung $4\dot{Z}n\ddot{C} + 7\dot{Z}n\dot{H} + \dot{H}$ hatte, bis zu 160° C. erhitzt wurde, so verlor sie im bedeckten Platintiegel 4,54 Proc., im offenen Tiegel nahm sie aber bei derselben Temperatur wieder an Gewicht zu, dann wieder ab, bis endlich bei einem Verlust von 2,50 Proc. das Gewicht unverändert blieb. Die Verbindung hatte dann folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.
Zinkoxyd	75,08	14,82	14
Kohlensäure	11,65	8,47	4
Wasser	13,27	11,80	11
	100,00.		

Durch die Temperatur-Erhöhung bis zu 160° hatte also die Verbindung Kohlensäure verloren, aber kein Wasser, sondern sogar noch Wasser aufgenommen. Sie war nun in der Zusammensetzung dem bei 100° C. getrockneten Niederschlage aus dem Versuch IV. S. 112 ähnlich, der aus concentrirten heifsen Auflösungen erhalten worden war, nur enthielt er etwas weniger Wasser. Jener hatte nämlich die Zusammensetzung $2\dot{Z}n\ddot{C} + 5\dot{Z}n\dot{H} + \dot{H}$; dieser aber $4\dot{Z}n\ddot{C} + 10\dot{Z}n\dot{H} + \dot{H}$.

Eine Fällung, welche aus heifsen Auflösungen erhalten worden ist, kann sich daher einer Temperatur von

160° ausgesetzt, nicht merklich verändern. Und in der That als der bei 100° C. getrocknete Niederschlag aus dem Versuch V. S. 112 bis zu dieser Temperatur erhitzt wurde, verlor er nur 1,28 Proc. Wurde indessen die Temperatur bis zu 200° C. erhöht, so nahm das Gewicht während 24 Stunden bedeutend ab; nach dieser Zeit veränderte sich dasselbe aber bei jener Temperatur nicht mehr. Der Gewichtsverlust betrug 25,8 Proc.; die Verbindung hatte also bei 200° C. die ganze Menge der Kohlensäure und des Wassers verloren, denn sie enthielt vor der Erhitzung 74,26 Proc. Zinkoxyd. Als sie nach der Erhitzung bei 200° geglüht wurde, erlitt sie daher keinen ferneren Gewichtsverlust.

Merkwürdig anders als die Verbindungen von kohlensaurem Zinkoxyd mit Zinkoxydhydrat verhält sich das neutrale, durch zweifach-kohlensaures Kali gefällte kohlensaure Zinkoxyd (S. 132). Wird dasselbe, nachdem es bei einer Temperatur von 100° C. getrocknet worden war, bis zu 160° C. erhitzt, so verlor es nur 0,90 Proc. und wurde die Erhitzung bis zu 200° C. gesteigert, noch 1,26 Proc. an Gewicht. Die bis zu 200° C. erhitzte Verbindung zeigte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.
Zinkoxyd	63,76	12,49	1
Kohlensäure	33,24	24,17	1
Wasser	3,00	2,67	$\frac{1}{5}$
	100,00.		

Hierbei ist zu bemerken, dafs in dem Zinkoxyd noch die geringe Menge des Kalis enthalten ist, die bei der S. 132 angeführten Untersuchung gefunden worden ist.

Das neutrale kohlensaure Zinkoxyd verliert also selbst bei 200° C. fast nichts von der Kohlensäure und bleibt fast neutral, während die Verbindungen von Hydrat und Carbonat bei dieser Temperatur die ganze Menge der Kohlensäure und des Wassers verlieren. Bei diesen treibt offenbar das Wasser zuerst die Kohlensäure aus, und entweicht dann selbst bei 200° C.

Es ist indessen bemerkenswerth, dafs bei der neutralen Verbindung noch ein sehr geringer Wassergehalt bei der Erhitzung bis 200° C. bleibt. Uebrigens hat die neutrale bei 200° C. erhitzte Verbindung doch eine geringe Menge von Kohlensäure verloren, denn die berechnete Zusammensetzung des wasserfreien kohlensauren Salzes ist folgende:

Zinkoxyd	64,82
Kohlensäure	35,18
	100,00.

Das in der Natur vorkommende neutrale kohlensaure Zinkoxyd verhält sich bei erhöhter Temperatur dem künstlich dargestellten neutralen Salze sehr ähnlich. Es wurde zu diesem Versuche ein ausgezeichnet reiner dichter Gallmei von ganz weifser Farbe von Cumberland angewandt. Derselbe löst sich im gepulverten Zustand leicht zu einer klaren Auflösung in Chlorwasserstoffsäure auf, ohne Kieselsäure zu hinterlassen. Die Auflösung trübte sich nicht durch Behandlung mit Schwefelwasserstoff, und gab nach der Neutralisation mit Ammoniak vermittelst Schwefelammonium einen rein weifsen Niederschlag.

Das fein gepulverte und bei 100° C. getrocknete Mineral verlor bis zu 200° C. erhitzt nur 0,01 Proc. Erst bei 300° C. fing der Gewichtsverlust an bedeutend zu werden; die Erhitzung bei dieser Temperatur mufste aber 6 Tage fortgesetzt werden, bis derselbe constant blieb. Dann betrug derselbe 33,12 Proc. Als der Rückstand geglüht wurde verlor er noch 1,44 Proc., wurde aber dadurch rothbraun. Der Gewichtsverlust entspricht der berechneten Menge der Kohlensäure in der neutralen Verbindung. Es konnte auch beim Glühen in einem Reagensglase keine Spur von Wasser wahrgenommen werden.

Der braune Rückstand löste sich in Chlorwasserstoffsäure auf, die Auflösung war bräunlich; die Farbe verschwand aber beim Erhitzen, wobei aber ein Chlorgeruch bemerkt werden konnte. Sie rührte daher von einem Mangangehalte her.

Das bei 300° erhitzte Mineral erlitt durch Behandlung

mit Chlorwasserstoffsäure in der Kälte in einem tarirten Apparate keinen Gewichtsverlust von weggehender Kohlensäure, wohl aber zeigte sich dabei ein sehr schwacher Chlorgeruch, der aber durchs Erhitzen erst deutlich wurde.

Während nun erst bei einer Temperatur von 300° die Kohlensäure aus dem neutralen kohlensauren Zinkoxyd ausgetrieben werden kann, kann Wasser dieselbe aus dem gepulverten Minerale schon bei der Kochhitze desselben verjagen. Denn kocht man dasselbe mit Wasser, so findet eine reichliche Kohlensäureentwicklung statt, und zwar eine reichlichere als sie beim Kochen des gepulverten Magnesits mit Wasser wahrgenommen werden kann [1]).

Um die grofse Menge der Verbindungen des neutralen kohlensauren Zinkoxyds mit dem Zinkoxydhydrat, deren Untersuchung in dieser Abhandlung mitgetheilt ist, besser übersehen zu können, sollen die Resultate der gefundenen Zusammensetzungen noch einmal, und zwar übersichtlich zusammengestellt, mitgetheilt werden.

Fällungen aus schwefelsaurem Zinkoxyd vermittelst kohlensaurer Alkalien.

1) Vermittelst gleicher Atomgewichte von neutralem kohlensaurem Natron und vom Zinkoxydsalze.

I. Aus kalten concentrirten Auflösungen:

1. lufttrocken	$2\dot{Zn}\ddot{C} + 3\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
2. bei 60° C. getrocknet	$2\dot{Zn}\ddot{C} + 3\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
3. bei 100° C. getrocknet	$4\dot{Zn}\ddot{C} + 7\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$

II. aus kalten verdünnten Auflösungen:

4. bei 100° C., nicht ausgewaschen	$\dot{Zn}\ddot{C} + 2\dot{Zn}\dot{H}$
5. bei 100° C. getrocknet	$4\dot{Zn}\ddot{C} + 7\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
6. bei 160° C. getrocknet	$4\dot{Zn}\ddot{C} + 10\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$

III. aus kalten sehr verdünnten Auflösungen:

7. bei 60° C. getrocknet	$\dot{Zn}\ddot{C} + 2\dot{Zn}\dot{H}$

1) Pogg. Ann. Bd. 83, S. 423 und 452.

IV. aus heifsen concentrirten Auflösungen:

8.	lufttrocken	$\dot{Zn}\ddot{C} + 2\dot{Zn}\dot{H} + 8\dot{H}$
9.	bei 60° C. getrocknet	$2\dot{Zn}\ddot{C} + 4\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
10.	bei 100° C. getrocknet	$2\dot{Zn}\ddot{C} + 5\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$

V. aus heifsen verdünnten Auflösungen:

11.	bei 60° C. getrocknet	$3\dot{Zn}\ddot{C} + 7\dot{Zn}\dot{H} + 3\dot{H}$
12.	bei 100° C. getrocknet	$3\dot{Zn}\ddot{C} + 7\dot{Zn}\dot{H} + 2\dot{H}$

VI. aus heifsen sehr verdünnten Auflösungen:

13.	bei 60° C. getrocknet	$\dot{Zn}\ddot{C} + 2\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
14.	bei 60° C. getrocknet	$3\dot{Zn}\ddot{C} + 6\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
15.	bei 100° C. getrocknet	$3\dot{Zn}\ddot{C} + 6\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
16.	bei 150° C. getrocknet	$4\dot{Zn}\ddot{C} + 9\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$

II) vermittelst eines Ueberschusses von kohlensaurem Natron

17.	kalt gefällt, durch Fliefspapier getrocknet	$4\dot{Zn}\ddot{C} + 7\dot{Zn}\dot{H} + 71\dot{H}$
18.	ebenso, durch Schwefelsäure getrocknet	$5\dot{Zn}\ddot{C} + 9\dot{Zn}\dot{H} + 4\dot{H}$
19.	kalt gefällt, bei 100° C. getr.	$5\dot{Zn}\ddot{C} + 9\dot{Zn}\dot{H}$
20.	etwas warm gefällt, bei 100° C. getrocknet	$3\dot{Zn}\ddot{C} + 5\dot{Zn}\dot{H}$
21.	etwas warm gefällt, bei 100° C. getrocknet; Resultat einer Bereitung im Grofsen	$\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{Zn}\dot{H}$
22.	ebenso	$\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{Zn}\dot{H}$

III) vermittelst zweifach-kohlensauren Natrons

23.	gleiche Atomgewichte beider Salze; kalt gefällt, der feuchte Niederschlag unter der Luftpumpe getrocknet	$2\dot{Zn}\ddot{C} + 3\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
24.	Ueberschufs von zweifach-kohlensaurem Alkali, kalt gefällt, nicht ausgewaschen, lufttrocken	$12\dot{Zn}\ddot{C} + 3\dot{Zn}\dot{H} + 5\dot{H}$

25.	ebenso, bei 100° C. getrocknet	$4\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{Zn}\dot{H}$
26.	Ueberschufs von zweifach-kohlensaurem Alkali, kalt gefällt, bei 100° C. getr.	$4\dot{Zn}\ddot{C} + 5\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
27.	ebenso	$4\dot{Zn}\ddot{C} + 5\dot{Zn}\dot{H} + \dot{H}$
28.	Ueberschufs von zweifach-kohlensaurem Alkali, etwas warm gefällt, Resultat einer Bereitung im Grofsen	$2\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{Zn}\dot{H}$
	IV) vermittelst zweifach-kohlensauren Kalis	
29.	Ueberschufs von zweifach-kohlensaurem Alkali, kalt gefällt, nicht ausgewaschen, durch Fliefspapier getr.	$2\dot{Zn}\ddot{C} + 3\dot{H}$
30.	ebenso, ausgewaschen, lufttrocken	$4\dot{Zn}\ddot{C} + 5\dot{H}$
31.	dasselbe bei 100° C. getr.	$4\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{H}$
32.	dasselbe bei 200° C. getr.	$5\dot{Zn}\ddot{C} + \dot{H}$.

XIII. *Ueber das Bleihornerz und den Matlockit, ein neues Bleierz aus Derbyshire; von C. Rammelsberg.*

Durch Hrn. W. G. Lettsom erhielt ich eine Probe zweier im Aeufseren einander sehr ähnlicher Bleierze, welche als grofse Seltenheit auf der jetzt aufgelassenen Grube Cromford Level bei Matlock in Derbyshire vorgekommen sind. Beide sind nur mit einem erdigen Bleiglanz hie und da verwachsen. Das eine von ihnen ist Bleihornerz, das andere dagegen enthält keine Kohlensäure, und war Hr. Lettsom geneigt, dasselbe für reines Chlorblei oder eine neue Verbindung zu halten.

I. Bleihornerz.

Die derben Fragmente dieses Erzes sind durchsichtig, farblos oder gelblich, von lebhaftem Glanz. Sie sind spaltbar ziemlich vollkommen in drei auf einander rechtwinklichen Richtungen, wie ich mich durch Messung mit dem Goniometer überzeugt habe. Bekanntlich sind die Krystalle viergliedrig; Brooke[1]) beschreibt solche aus Cornwall (?), Combinationen eines Quadratoktaëders, dessen Endkanten Winkel von 107° 22', und dessen Seitenkanten Winkel von 113° 48' bilden, mit dem ersten und zweiten Prisma, der Endfläche, einem Vierundvierkantner $a:\frac{1}{2}a:c$ und einem vier- und vierkantigen Prisma $a:\frac{1}{2}a:\infty c$. Mohs hingegen nahm als Grundform ein Octaëder mit Winkeln von 117° 22' und 94° 38' an, während bei v. Kobell die Werthe von 120° und 90° angegeben sind. Neuerlich hat Krug von Nidda Bleihornerzkrystalle beschrieben[2]), welche auf der Galmeigrube Elisabeth zum Theil in Weifsbleierz umgewandelt vorkommen, aus mehreren stumpferen und schärferen Quadratoktaëdern, den beiden Prismen und einem vier- und vierkantigen Prisma bestehen, jedoch, wie es scheint, nicht gemessen sind.

Die von mir untersuchte Probe hat ein specifisches Gewicht = 6,305. Das Pulver wird schon durch kaltes Wasser etwas zersetzt, indem sich Chlorblei auflöst.

Zur Analyse wurde das gepulverte Mineral in einem gewogenen Apparat durch Salpetersäure zersetzt, wobei der Gewichtsverlust die Menge der Kohlensäure angab. Nach dem Zusatz von Wasser löste sich beim Erhitzen alles auf; Silberauflösung schlug Chlorsilber nieder, worauf der Ueberschufs des Fällungsmittels durch Chlorwasserstoffsäure entfernt, und das Filtrat mit Schwefelsäure abgedampft wurde. Nach schwachem Glühen blieb reines schwefelsaures Bleioxyd.

1) Diese Ann. Bd. 42, S. 582.

2) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft, Bd. 2, S. 126.

Auf diese Art gab das Mineral

Kohlensäure	6,01
Chlor	12,97
Blei	75,52
	94,50

12,97 Chlor bilden mit 37,96 Blei 50,93 Chlorblei. Es bleiben mithin 37,56 Blei = 40,46 Bleioxyd, von welchem 30,43 mit der 6,01 Kohlensäure neutrales Carbonat bilden, während 10,03 Bleioxyd übrig bleiben. Das Mineral enthält also:

Kohlensäure	6,01	36,44
Bleioxyd	30,43	
Chlor	12,97	50,93
Blei	37,96	
Bleioxyd	10,03	
	97,40.	

Bei dem 2,6 Proc. betragenden Verlust, der bei der geringen Menge der Probe und der Art der Kohlensäurebestimmung wohl auf diese fällt, mufs man die 10,03 Bleioxyd mit 1,98 Proc. Kohlensäure verbunden betrachten, und hat alsdann:

Kohlensäure	7,99	48,45	
Bleioxyd	40,46		
Chlor	12,97	50,93	= 40,88 Bleioxyd
Blei	37,96		
	99,38.		

Es ist alsdann $PbCl + \dot{P}b\ddot{C}$, wie Berzelius schon aus Klaproth's Analyse geschlossen hatte, die 13,56 Chlor gab. Die oberschlesische Varietät enthält nach Krug von Nidda 49,44 kohlensaures Bleioxyd und 50,45 Chlorblei.

Wollte man den Verlust bei der Analyse nicht in Betracht ziehen, und die Bestimmung der Kohlensäure für genau halten, so wäre das Ganze als eine Mischung (Verbindung) von 3 At. Bleihornerz und 1 At. der nachfolgenden Verbindung anzusehen, $3(PbCl + \dot{P}b\ddot{C}) + (PbCl + \dot{P}b)$. Indessen möchte diefs nicht wahrscheinlich seyn.

II. Basisches Chlorblei.

Eine im Aeufseren dem Bleihornerz durchaus ähnliche Substanz, an der sich jedoch nur *eine*, wenngleich sehr vollkommene Spaltungsrichtung auffinden läfst. Zwei sehr schmale Flächen scheinen mit derselben Winkel von etwa 118° und 137° zu bilden, von deutlichen Krystallen fand sich jedoch unter den wenigen Fragmenten, die ich erhielt, nichts vor. Das spec. Gew. des Pulvers, durch Wägung in Alkohol bestimmt, ist = 5,3947.

Schon durch kaltes Wasser löst sich Chlorblei auf, reichlicher beim Kochen, wobei die Substanz undurchsichtig wird. Mit Salpetersäure braust sie nicht im geringsten, was sie leicht vom Bleihornerz unterscheidet.

Das gepulverte Mineral wurde durch Erwärmen mit Wasser und ein wenig Salpetersäure aufgelöst, und das Chlor und Blei wie oben bestimmt. Auf diese Art gaben 100 Th.

Chlor	13,38
Blei	82,16

13,38 Chlor bilden mit 39,07 Blei 52,45 Chlorblei; die übrigen 43,09 Blei erfordern 3,33 Sauerstoff, um 46,42 Oxyd zu geben, wonach das Mineral enthält:

Chlor	13,38	52,45
Blei	39,07	
Blei	43,09	46,42
Sauerstoff	3,33	
	98,87.	

Da die Mengen des Bleis annähernd gleich sind, so ist die Verbindung $PbCl + \dot{P}b$, welche der Berechnung zufolge enthält:

Chlor	14,12	55,62	83,00 Blei
Blei	41,50		
Blei	41,50	44,38	
Sauerstoff	2,88		
	100.		

Eine

Eine geringe Menge Phosphorsäure fand sich in dem Erze durch die Probe mit molybdänsaurem Ammoniak.

Am nächsten kommt dieses Mineral dem *Mendipit* von den Mendiphügeln in Somersettshire, und von der Grube Kunibert bei Brilon in Westphalen, welcher nach den Analysen von Berzelius [1]), von Schnabel [2]) und von Rhodius [3]) doppelt soviel Bleioxyd enthält, d. h. die Verbindung $PbCl + 2\dot{P}b$ ist. Der Mendipit zeigt überdieſs zwei Spaltungsrichtungen unter einem Winkel von 102 bis 103°.

Das neutrale Chlorblei (man weiſs nicht sicher, ob der sogenannte Cotunnit vom Vesuv ein solches ist) zeigt an künstlichen Krystallen, die Schabus neuerlich untersucht hat [4]), ein zweigliedriges Krystallsystem.

Hiernach ist das untersuchte seltene Mineral von Matlock unter den natürlichen Verbindungen eine neue, für die ich nach ihrem Fundort den Namen *Matlockit* vorschlage.

XIV. *Ueber das Doppelsalz aus chromsaurem Kali und Quecksilbercyanid; von C. Rammelsberg.*

Das genannte Doppelsalz ist von mir schon vor längerer Zeit untersucht worden [5]), und hatte ich darin gefunden:

Chromsäure	17,597
Kali	17,281
Quecksilber	51,136

woraus die Formel $2K\ddot{C}r + 3HgCy$ folgt.

1) Diese Ann. Bd. 1, S. 272.
2) Drittes Suppl. zu meinem Handwörterb. S. 78.
3) Viertes Suppl. S. 151.
4) Sitzungsberichte der K. K. Acad. d. Wiss. zu Wien, 1850. April.
5) Diese Ann. Bd. 42, S. 131.

Nach Poggiale indessen soll der richtige Ausdruck $\dot{K}\ddot{C}r + 2HgCy$ seyn [1]) und auch L. Gmelin hat [2]) meine Analyse bezweifelt, die erste Formel für unwahrscheinlich erklärt, und die letzte angenommen.

Gegen diese angeblichen Berichtigungen meiner früheren Arbeiten mufs ich indessen entschieden protestiren, um so mehr, als neuere Versuche jene bestätigen.

Wenn man die Auflösung von 1 Th. chromsaurem Kali und 3 Th. Quecksilbercyanid der freiwilligen Verdunstung überläfst, so krystallisirt zuerst Quecksilbercyanid, und sodann erscheinen die durchsichtigen rothgelben Krystalle des Doppelsalzes. Wendet man nur 2 Th. Quecksilbercyanid an, wie es die von mir aufgestellte Formel verlangt, so ist die vorangehende Abscheidung von Quecksilbercyanid sehr unbedeutend.

Die Analyse zweier Proben (*a* und *b*) des Doppelsalzes aus solchen verschiedenen Auflösungen gab dennoch nahe dasselbe Resultat, und ein gleiches wurde erhalten, als das Salz durch Umkrystallisiren gereinigt war (*c*).

	a.	*b.*	*c.*
Chromsäure	17,10	18,66	19,29
Kali	15,78	17,29	17,36
Quecksilber	50,68	48,79	50,40

Die Chromsäure wurde in *a* als Oxyd, in *b* als chromsaurer Baryt, in *c* als chromsaures Bleioxyd bestimmt; das Kali stets als schwefelsaures, das Quecksilber als Schwefelmetall.

Hiernach kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dafs meine frühere Analyse und die Formel $2\dot{K}\ddot{C}r + 3HgCy$ richtig seyen, da letztere erfordert

2 At.	Chromsäure	= 1257,18	= 17,55
2 »	Kali	= 1177,70	= 16,44
3 »	Quecksilber	= 3750,00	= 52,36
3 »	Cyan	= 977,67	= 13,65
		7162,55	100.

1) *Compt. rend.* 23, 762.
2) Handbuch, 4. Aufl. Bd. 4, S. 420.

Dagegen müfste es, wenn Poggiale's Formel, wie L. Gmelin annimmt, richtig wäre, aus 14,07 Chromsäure, 13,18 Kali, 55,94 Quecksilber und 16,81 Cyan bestehen.

XV. *Ueber die Erscheinungen bei geschlossenen Elektromagneten; von J. C. Poggendorff.*

(Aus den Monatsberichten der Academie 1851 November, mit einigen Zusätzen.)

Unter geschlossenen Elekromagneten versteht der Verf. solche, welche, wie die ringförmigen oder wie die hufeisenförmigen nach Anlegung eines Ankers, ein mehr oder weniger vollständiges Continuum darstellen. Die Klasse der ersteren ist bisher wenig beachtet worden, die der letzteren dagegen ist in Bezug auf die Kraft, mit welcher der Anker festgehalten wird, schon mehrfach in Untersuchung genommen, namentlich, was den Vergleich dieser Kraft, der sogenannten Tragkraft, mit der Stärke des den Magnetismus erregenden galvanischen Stroms betrifft, von Fechner[1]), von Lenz und Jacobi[2]), von Joule[3]) und von Oersted[4]). Allein die Resultate dieser Physiker sind theils schwankend, theils widersprechend. Daher schien es dem Verf. nicht überflüssig den Gegenstand wieder aufzunehmen, zumal sich daran noch andere unerledigte und interessante Fragen anknüpfen lassen.

Die zu dem Ende von ihm angestellten Versuche bestätigen zunächst, was schon aus denen von Oersted und einigen der von Lenz und Jacobi hervorblickt, *dafs die Tragkräfte langsamer wachsen als die Stromstärken,* fü-

1) Schweigg. Journ. (1833) Bd. 69, S. 274 und 316.
2) Diese Ann. (1839) Bd. 47, S. 410.
3) *Philosoph. Magaz.* (1851) *Ser. IV. Vol. II. p.* 310 und Sturgeon, *Ann. of Electricity* (1839) *Vol. IV. p.* 131.
4) Diese Ann. (1848) Bd. 75, S. 447.

gen aber den Satz hinzu, *dafs dieses Wachsen mit steigender Stromstärke immer langsamer erfolgt, so dafs die Tragkräfte sich asymptomisch einem constanten Werthe nähern,* — einem Werthe, dessen absolute Gröfse natürlich von der Beschaffenheit des Magnets und seines Ankers abhängt.

Als Beleg dazu hier nur die Resultate einer Versuchsreihe, bei welcher Magnet und Anker in unmittelbarer Berührung standen und die Stromstärken durch die Sinusbussole gemessen wurden.

Relative Stromstärke.	Relative Tragkräfte.
1,000	1,000
1,846	1,757
2,375	2,000
3,181	2,392
4,117	2,595
5,070	2,608
6,025	2,797
7,378	2,851
9,648	2,960
10,350	3,149,

aus welchen Zahlen der obige Satz hervorgeht, wenn man die Quotienten der Differenzen der Stromstärken in die der entsprechenden Tragkräfte aufsucht.

Bei der grofsen Schwierigkeit, welche die scharfe Bestimmung der Tragkräfte darbietet, ist der Verf. nicht gemeint, für diese Zahlen einen hohen Grad von Genauigkeit in Anspruch zu nehmen; auch glaubt er nicht durch sie ein allgemeines Gesetz numerisch ausgedrückt zu haben, da die Progression der Tragkräfte nicht allein nach der Beschaffenheit des Magnets und des Ankers verschieden ist, sondern auch ebenso sehr von der absoluten Gröfse der Stromstärke oder vielmehr des galvanischen Moments [1]) abhängt. Aber die Convergenz dieser Progression hält er

1) Unter galvanischem Moment versteht der Verf. kurz das Product aus der Stärke in die Länge des Stroms, multiplicirt mit dem von der Gestalt und dem Abstande bedingten Coëfficienten, der indefs, wie die Länge des magnetisirenden Stroms, bei diesen Versuchen immer constant blieb.

durch obige und andere von ihm erlangte Resultate für unzweifelhaft festgestellt, schon deshalb, weil, wenn sie nicht stattfände, es möglich seyn müfste, unendlich grofse Tragkräfte herzustellen, was nicht allein sehr unwahrscheinlich wäre, sondern auch in geradem Widerspruch stände mit der von J. Müller [1]) nachgewiesenen und von Ampère's Theorie mit Nothwendigkeit geforderten Gränze der Magnetisirbarkeit.

Die grofse Abweichung, welche die Tragkräfte von den durch Lenz und Jacobi für die galvanische Magnetisirung des Eisens und für die elktromagnetische Anziehung in distans gefundenen Gesetzen darbieten, ist ungemein hervortretend. Hätten Hufeisen und Anker eine der Stromstärke proportionale Magnetisirung erfahren, und wäre ihre gegenseitige Anziehung auch proportional dem Quadrat der von ihnen erlangten Magnetkraft gewesen, so hätte, bei einer Zunahme der Stromstärke von 1 auf 10, die Tragkraft im Verhältnifs 1:100 wachsen müssen, wogegen sie in Wirklichkeit nur von 1 auf 3 gestiegen war! Diese aufserordentliche Abweichung von den einfachsten Voraussetzungen, die wohl bei keinen früheren Versuchen so schlagend hervorgetreten ist, hat ihren Grund offenbar zunächst in der Reaction, welcher der Anker auf seinen Elektromagnet ausübt, und vermöge welcher dieser einen höheren Grad von Magnetismus annimmt, als ihm durch alleinige Wirkung des galvanischen Stroms eingeprägt seyn würde.

Ein Blick auf die Progression der Tragkräfte lehrt, dafs diese zusätzliche Erhöhung des Magnetismus bei den kleinen Stromstärken bedeutender ist als bei den gröfseren, oder dafs sie in dem Maafse abnimmt als der Magnet bereits mehr an Kraft gewonnen hat; aber man erfährt dadurch nicht, in welchem Verhältnisse die Kraft des Magnets insgesammt mit der Stärke des galvanischen Stromes zunimmt, und ebenso wenig, nach welchem Gesetz Magnet und Anker einander anziehen.

1) Diese Ann. (1850) Bd. 79, S. 337 und (1851) Bd. 82, S. 181.

Um hierüber Aufschlufs zu erhalten, griff der Verf. zu dem Mittel, welches die Messung der von einem Elektromagnet erregten Inductionsströme darbietet, da die Stärke dieser Ströme als proportional der Gesammtheit des entwickelten Magnetismus angesehen werden kann. Er umgab daher ein Hufeisen mit zwei Drahtrollen, deren jede zwei wohl isolirte Drähte enthielt, und verknüpfte diese solchergestalt, dafs zwei Drahtleitungen gebildet wurden, von denen die eine die galvanische Kette und die Sinusbussole einschlofs, die andere aber zur Inductionsbussole führte. Um alle hier aufkommenden Fragen zu beantworten, maafs er die Inductionsströme, bei verschiedener Stärke des galvanischen Stromes, in *vier* Fällen, nämlich *a*) bei offenem Magnet, *b*) bei geschlossenem Elektromagnet und erster Schliefsung der galvanischen Kette, *c*) bei geschlossenem Elektromagnet und wiederholter Schliefsung der Kette, und *d*) bei Abreifsung des Ankers, der überdiefs bei der einen Versuchsreihe ein breiter, und bei der anderen ein schmaler, das Hufeisen nicht ganz bedeckender war.

Als Beispiel der hier gewonnenen Resultate möge die folgende Tafel dienen, in welcher die Stärke der Inductionsströme *a*, *b*, *c*, *d* ausgedrückt ist durch den Sinus des halben Ausschlagswinkels in der Inductionsbussole, vermindert um den schwachen Strom, den das primäre Drahtgewinde direct in dem secundären hervorrief. Der Strom *d* hatte gegen die ersteren drei, welche beim Schliefsen der Kette beobachtet wurden, natürlich umgekehrte Richtung.

Breiter Anker.	Schmaler Anker.
$i = \sin 4^{\circ}\,25 = 1{,}000$.	
$a = +\ 4{,}36$	$a = +\ 4{,}80$
$b = +\ 32{,}10$	$b = +\ 20{,}77$
$c = +\ 10{,}45$	$c = +\ 9{,}58$
$d = -\ 25{,}01$	$d = -\ 14{,}77$

Breiter Anker.	Schmaler Anker.
$i' = \sin 5^\circ 31 = 1{,}249.$	
$a' = +10{,}23$	$a' = +10{,}23$
$b' = +49{,}66$	$b' = +28{,}98$
$c' = +17{,}99$	$c' = +17{,}13$
$d' = -34{,}75$	$d' = -17{,}13$
$i'' = \sin 10^\circ 21' = 2{,}335.$	
$a'' = +16{,}06$	$a'' = +16{,}06$
$b'' = +58{,}86$	$b'' = +37{,}77$
$c'' = +24{,}15$	$c'' = +22{,}04$
$d'' = -39{,}37$	$d'' = -16{,}92.$

Diese Messungen haben, wegen Unvollkommenheit der Inductionsbussole, keine sehr grofse Genauigkeit; aber sie reichen hin, die hier auftretenden Verhältnisse im Allgemeinen zu berurtheilen.

So sieht man, dafs die Ströme b, auf die es hier hauptsächlich ankommt, stärker sind als alle übrigen, namentlich bei geringer Intensität des galvanischen Stroms, und dafs sie mit Erhöhung dieser Intensität relativ nur langsam wachsen. Sie messen offenbar den totalen Magnetismus, welchen das Hufeisen durch vereinte Wirkung des galvanischen Stroms und des Ankers annimmt, und sie sind deshalb nothwendig stärker als die Ströme c, da diese nur aus der Differenz des totalen und remanenten Magnetismus entspringen. Die Ströme d gehen im Wesentlichen blofs aus dem remanenten Magnetismus hervor, und, wenn beim Abreifsen des Ankers der permanente Magnetismus unverändert bliebe, müfste wohl $b = c + d$ seyn.

Wenn es richtig ist, dafs die Ströme b den totalen Magnetismus geschlossener Elektromagnete messen, so ist klar, dafs sie auch in einer bestimmten Beziehung zu den Tragkräften stehen werden, und es fragt sich nur, in welcher?

Vor Anstellung der eben erwähnten Versuche hatte der Verf. geglaubt, die Tragkraft würde, wie die actio in distans zweier Elektromagnete, proportional seyn dem Quadrat der Stromstärke b; allein schon der Anblick der

gewonnen Zahlen machte diese Vermuthung im höchsten Grade unwahrscheinlich.

Um sich weiter hierüber aufzuklären, stellte er daher neue Versuche an, bei welchen an einem und demselben Hufseisen, bei verschiedenen Stärken des galvanischen Stromes, gemessen wurde: die totale und die permanente Kraft, so wie der Inductionsstrom *b*.

Diese Messungen konnten, verschiedener Umstände wegen, nicht in der zu wünschenden Schärfe ausgeführt werden, aber dennoch zeigten sie aufs deutlichste, *dafs die temporären Tragkräfte,* d. h. die totalen, weniger die permanenten, *bei weitem nicht proportional gehen dem Quadrat der Inductionsströme b, sondern vielmehr dem einfachen Verhältnifs dieser Ströme oder der einfachen Kraft des Magnets nahe kommen.*

Bei der Unvollkommenheit seiner bisherigen Messungen, und bei der grofsen Schwierigkeit, welche die richtige Bestimmung der Tragkräfte, aller Sorgfalt ungeachtet, immer haben wird, wäre der Verf. nicht abgeneigt, schon jetzt die einfache Proportionalität der Tragkräfte mit der magnetischen Intensität als den wahren Ausdruck des Sachverhältnisses zu betrachten, wenn er es anderseits doch nicht für gerathener hielte, sein definitives Urtheil zu verschieben, bis er, durch Wiederholung der Messungen mit vervollkommten Instrumenten, den numerischen Resultaten einen höheren Grad von Zuverlässigkeit gegeben haben wird.

Bei dieser Gelegenheit bemerkt der Verf., dafs wenn künftige Beobachtungen seinen Satz bestätigen sollten, derselbe doch nicht ganz zusammenfallen würde mit dem neuerdings von J. Tyndall aufgefundenen Resultate[1]: »dafs die wechselseitige Anziehung zwischen einem Elektromagnet und einer Kugel von weichem Eisen, bei unmittelbarer Berührung beider, der Stärke des Magnets proportional ist.« Denn bei Tyndall wird die Stärke des Magnets wiederum als proportional der Stärke des galvanischen Stroms betrachtet, und wohl nicht mit Unrecht, da die Reaction

1) Diese Ann. Bd. 83, S. 1.

einer kleinen Eisenkugel auf einen geraden Elektromagnet, welchen dieser geschickte Physiker immer anwendet, nur sehr unbedeutend seyn kann. Die Magnetstärke dagegen, von welcher der Verf. spricht, ist jene durch die Reaction des Ankers bedeutend erhöhte, welche der Stromstärke nicht mehr proportional geht und wesentlich von der Natur und den Dimensionen des Ankers bedingt wird. Aber in beiden Fällen würde es die *wahre* Magnetkraft seyn, welcher die Anziehung, im scheinbaren Widerspruch mit den Principien der Mechanik, direct und einfach proportional ginge.

Im weiteren Verlaufe seines Vortrags handelt der Verf. von der *remanenten* Tragkraft geschlossener Elektromagnete und theilt Messungen mit, aus welchen hervorgeht, dafs diese nicht constant ist, sondern wächst mit der Stromstärke, obwohl in geringerem Verhältnifs als die totale Kraft. Um zu ermitteln, in wie fern sie von der Cöërcitivkraft abhänge, hat er sie bestimmt an Hufeisen von gleichen Dimensionen aus ungehärtetem Stahl und aus weichem Eisen, die durch einen und denselben Anker aus letzterm Material geschlossen wurden. Nachstehende Tafel wird von den erlangten Resultaten eine Vorstellung geben.

Stromstärke.	Tragkräfte, in Unzen ausgedrückt.					
	Hufeisen aus ungehärtetem Stahl.			Hufeisen aus weichem Eisen.		
i.	Total.	Remanent.	Permanent.	Total.	Remanent.	Permanent.
sin 5° 0′ = 1	60¼	37½	35½	100½	57½	8
» 10 2½ = 2	86½	66	35¾	166	74¾	8
» 15 9½ = 3	129	83	39½	213	93¾	8
» 21 37½ = 4	162	97½	46½	268	100¾	8
» 25 50 = 5	191½	106½	44½	297	100¾	8
» 31 32 = 6	233	127½	45½	326	102¼	8
» 37 36 = 7	281	125	48½	333	105¼	8
» 44 12 = 8	277	133	48	353	110¼	8
» 51 40 = 9	301	133	48	357	107½	8

Obwohl diese Resultate nicht frei sind von Anomalien, so geht doch aus ihnen deutlich hervor, dafs die remanente Tragkraft, so wie sie unmittelbar beobachtet worden, beim ungehärteten Stahle gröfser ist als beim weichen Eisen, dafs sich aber dieses Verhältnifs umkehrt, so wie man von ihr, was nothwendig scheint, die permanente Tragkraft abzieht, da sie diese bei der Beobachtung einschliefst. Nach Abzug der genannten Kraft ist die remanente bei dem weichen Eisen, ungeachtet der geringen Coërcitivkraft desselben, gröfser als beim ungehärteten Stahl. Der Verfasser würde dieses Resultat als entscheidend in der Frage über den Ursprung der remanenten Tragkraft betrachten, wenn man nicht andrerseits den Einwurf machen könnte, dafs das beim Stahl beobachtete Resultat ein gemischtes war, hervorgegangen aus der remanenten Tragkraft des stählernen Elektromagnets und der des eisernen Ankers.

Er macht übrigens bei dieser Gelegenheit die Bemerkung, dafs der weiche Stahl, was sich schon aus obiger Tafel entnehmen läfst, in hohem Grade des temporären Magnetismus fähig ist, darin dem weichen Eisen sehr nahe kommt, und dafs, wenn er gegen dieses zurückbleibt, diefs weniger von einer Verschiedenheit in der directen Magnetisirbarkeit der Theilchen herrühre, als von einem Unterschied in dem was Faraday magnetische Leitungsfähigkeit nennt, von einer Verschiedenheit der Fortpflanzung der Polarität von Theilchen zu Theilchen.

Ein Stab von ungehärtetem Stahl und ein Stab von weichem Eisen, die beide ganz von einem gleichen Drahtgewinde umgeben sind, zeigen, wenn der Strom das letztere durchläuft, nur wenig verschiedene Tragkräfte, aber der Unterschied steigert sich sogleich bedeutend zum Nachtheil des Stahls, so wie man die Stäbe, auch nur um einen Zoll, zum Drahtgewinde hervorragen läfst.

Der *remanente* Magnetismus ist Ursache, dafs ein Hufeisen, welches durch seinen Anker geschlossen ist, bei der zweiten Magnetisirung durch den galvanischen Strom lange

nicht die Inductionswirkung giebt, welche es bei der ersten gab, wie diefs aus den früher mitgetheilten Werthen der Ströme *b* und *c* zur Genüge erhellt. Jede folgende Magnetisirung in demselben Sinn liefert immer nur den schwächeren Strom *c*.

Kehrt man aber die Richtung der Magnetisirung um, indem man den galvanischen Strom entgegengesetzt wirken läfst, so erhält man den Inductionsstrom nicht allein von anfänglicher, sondern von fast doppelter Stärke. Eine zweite Magnetisirung in dem neuen Sinne giebt freilich wiederum den schwachen Strom. Fährt man aber fort mit der Umkehrung der Magnetisirung, so erhält man auch andauernd, obwohl natürlich von eben so abwechselnder Richtung, diesen verdoppelten Inductionsstrom, der an Stärke denjenigen, welchen das offene Hufeisen unter gleichen Umständen liefert, sehr bedeutend übertrifft.

Es scheint nicht, dafs man hievon schon eine Anwendung gemacht hätte auf die durch galvanische Ströme in Thätigkeit gesetzten elektro-magnetischen Apparate. Alle Apparate der Art, die der Verf. gesehen, besitzen entweder einen geraden Elektromagnet, oder, wie der Neef'sche, einen hufeisenförmigen, der durch einen beweglichen Anker abwechselnd geschlossen und geöffnet wird, nicht dauernd geschlossen bleibt. Auch wird in diesen Apparaten, vermöge ihrer Construction, der galvanische Strom nur unterbrochen, nicht umgekehrt. Und doch ist von der Umkehrung des Stroms und der gleichzeitigen Anwendung eines geschlossenen Magnets gerade die kräftigste Inductionswirkung zu erlangen.

Die leichte Umkehrung des remanenten Magnetismus, selbst durch einen Strom von bedeutend geringerer Stärke als die desjenigen, welcher ihn hervorrief, ist ein Beweis von der grofsen Beweglichkeit desselben, und möchte wohl nicht für Poisson sprechen. Er steht hierin in einem bemerkenswerthen Contrast zum permanenten Magnetismus, selbst so wie er sich im weichen Eisen findet.

Magnetisirt man ein offnes Hufeisen von weichem Ei-

sen, das einen gewissen Grad von permanenter Polarität besitzt, durch einen galvanischen Strom in entgegengesetztem Sinn, so kann man bewirken, dafs das Eisen für die Dauer des Stroms die umgekehrte Polarität erhält, nach Aufhebung des Stroms aber wieder die ursprüngliche zeigt. Es kommt dabei nur auf die Stärke des Stromes an; ist diese zu grofs, so wird allerdings auch die permanente Polarität umgekehrt.

Eine ähnliche Erfahrung machte der Verf. schon vor längerer Zeit an seinem Logeman'schen Hufeisenmagnet. Als dieser, der aus sehr hartem Stahle besteht, zu anderweitigen Zwecken mit einem Drahtgewinde umgeben und durch den Strom im entgegengesetzten Sinne magnetisirt wurde, nahm derselbe eine umgekehrte Polarität von beträchtlicher Stärke an, aber nur temporär, denn so wie der Strom unterbrochen ward, kam die ursprüngliche permanente Polarität, obwohl bedeutend geschwächt, wieder zum Vorschein.

Diese Beobachtungen zeigen, dafs in einem Magnet gleichzeitig zwei entgegengesetzte Polarisationen oder zwei verkehrt liegende Reihen von Ampère'schen Strömen vorhanden seyn können.

Was vorhin von einem durch seinen Anker geschlossenen Hufeisen gesagt worden, gilt auch von einem wahrhaften Continuum, von einem geschmiedeten Eisenring. Das war wohl vorauszusehen, ist aber doch merkwürdig.

Ein solcher Ring, seiner Peripherie nach überall gleichmäfsig magnetisirt, stellt einen Magnet ohne Pole dar, der nach aufsen keine Wirkung ausübt; dennoch zeigt er im Act der Magnetisirung dieselben Inductionserscheinungen, welche ein Hufeisen mit angelegtem Anker unter gleichen Verhältnissen darbietet. Der Verf. hat sich davon überzeugt, indem er einen Eisenring seiner ganzen Ausdehnung nach gleichmäfsig mit zwei Drähten umwickelte, von denen der eine zur galvanischen Kette, der andere zur Inductionsbussole führte.

Aehnliche Ringe oder Röhren von kleineren Dimensionen könnten vielleicht zu ganz interessanten Versuchen mit der Reibungs-Elektricität dienlich seyn.

XVI. *Magnetisirung des Stahls und des Eisens durch den galvanischen Strom; von J. Müller.*

Um den Magnetismus, welchen der galvanische Strom im weichen Eisen hervorruft, mit demjenigen zu vergleichen, welcher unter denselben Umständen im Stahl und Gufseisen erzeugt wird, stellte ich Versuche in folgender Weise an:

Westlich von einer Bussole wurde eine Magnetisirungsspirale von 200 Windungen und 15 Centimeter Länge so aufgestellt, dafs die Mitte der Spirale 0,5 Meter weit von der Mitte der Nadel entfernt war. Die Axe der Spirale stand natürlich rechtwinklich auf dem magnetischen Meridian. Bei einer Versuchsreihe, deren Resultate in der folgenden Tabelle unter *A* stehen, ging durch die Spirale der Strom einer Säule, welche aus 2 Plattenpaaren bestand, deren jedes durch 3 Bunsensche Becher gebildet wurde; bei einer zweiten Versuchsreihe, deren Resultate unter *B* stehen, wurde der Strom einer Säule von 4 dreifachen Bunsenschen Bechern angewandt. In diese Spirale wurden der Reihe nach die in der folgenden Tabelle verzeichneten Stäbe eingeschoben, welche sämmtlich 16,7 Centimeter lang waren und 6^{mm} Durchmesser hatten. Die Ablenkung, welche durch den Einflufs der durchströmten Spirale und den Magnetismus des eingeschobenen Stabes zusammen hervorgebracht wurde, steht unter *v*, die Tangente des Ablenkungswinkels, welcher dem Magnetismus des Stabes allein zukommt, steht unter *m*.

Eingeschoben in die Spirale.	A.		B.	
	v.	m.	v.	m.
Nichts	5,6°		8,0	
Geschmiedetes Eisen	30,5	0,490	32,6	0,499
Nichts	5,8		8,0	
Gewalztes Eisen	30,0	0,474	32,0	0,485
Nichts	6,0		8,0	
Stahl, ausgeglüht	27,0	0,404	30,0	0,437
Stahl, angelassen	26,5	0,393	30,0	0,437
Stahl, hart	20,0	0,259	23,0	0,284
Gufseisen	18,0	0,220	22,0	0,264
Nichts	6,0		8,0	

Die Eisenstäbchen waren ihrem magnetischen Maximum sehr nahe gebracht, denn während die Stromstärke ungefähr um 40 Proc. zunahm, wurde der Magnetismus der Eisenstäbe nicht ganz um 2 Proc. vermehrt.

Die Stahlstäbe waren aus Gufsstahl verfertigt; einer war ausgeglüht worden und in der Asche erkaltet. Der Magnetismus, welcher diesem Stab durch die Spirale ertheilt wurde, kam dem Magnetismus der Eisenstäbchen ziemlich nahe; fast eben so stark magnetisch wurde der gehärtete und dann bis zum Dunkelblau angelassene. Sehr weit blieb dagegen der Magnetismus im ganz hart gelassenen Stahlstab zurück. Am schwächsten magnetisch wurde endlich der Stab von Gufseisen.

Hier ist noch zu bemerken, dafs die Ablesung der Tangentenbussole immer erst vorgenommen wurde, wenn der Stab gegen 50mal in der Spirale hin und her gezogen worden war.

Nach Unterbrechung des Stromes blieb dem harten Stahlstab noch so viel Magnetismus, dafs er die Nadel um 8,75° ablenkte. Durch langes Streichen an einem kräftigen Elektromagneten wurde der bleibende Magnetismus des Stahlstabes nur unmerklich vermehrt; er brachte dann eine Ablenkung von 9° hervor. Es blieben also dem harten Stahlstab ungefähr 55 Proc. von dem Magnetismus, welchen der kräftige Strom der Spirale in ihm hervorbringen konnte.

Der bleibende Magnetismus der verschiedenen Stäbe brachte folgende Ablenkungen hervor, wenn sich die Stäbchen in derselben Lage befanden, wie bisher, aber ohne dafs ein Strom durch die Spirale ging.

Harter Stahl	9°
Angelassener Stahl	7
Ausgeglühter Stahl	3,5
Gufseisen	1

Die beiden Eisenstäbchen zeigten keine magnetische Polarität, sie hatten also ihren Magnetismus vollständig verloren.

Das harte Stahlstäbchen machte an einem Seidenfaden aufgehängt 12 Schwingungen in der Minute, seine Schwingungsdauer ist also 5 Sekunden. Da sein Gewicht $P=$ 38,5 Gramm oder 2,2 bairische Loth beträgt, und seine Länge $L=6,2$ pariser Zoll ist, so berechnet sich nach der Häkker'schen Formel $t=2,67\sqrt[3]{P}\sqrt[6]{L}$ die Schwingungsdauer zu 4,7 Sekunden. Der bleibende Magnetismus dieses Stahlstäbchens war also dem der Häcker'schen Magnete sehr nahe.

Freiburg, im December 1851.

XVII. *Methode, die Abweichung der Magnetisirung des Eisens von der Proportionalität mit der Stromstärke zu beobachten; von J. H. Koosen.*

(Briefliche Mittheilung.)

Da neuerdings die Frage, ob der Magnetismus in weichem Eisen proportional der Stromstärke wachse, wiederum zu mannigfachen Versuchen Veranlassung gegeben, welche diesen Punkt, was die *genaue* Proportionalität beider Gröfsen betrifft, noch immer zweifelhaft lassen, so bin ich so frei Sie auf eine Beobachtungsmethode aufmerksam zu machen,

welche gerade für diese Frage genauere Resultate als die bisher gebräuchlichen zu geben verspricht. Ich stelle nämlich die Tangentenbussole, welche zur Messung der Stromstärke dienen soll, sehr nahe an der Spirale, welche den Eisenstab enthält, auf, so dafs der Magnetismus des letztern zugleich eine Ablenkung der Nadel in der Tangentenbussole bewirkt, leite jedoch den Strom in solcher Richtung durch die Tangentenbussole, dafs die Ablenkung durch den Strom, der durch den Elektromagnet bewirkten entgegengesetzt gerichtet ist. Rücke ich nun die Spirale mit dem Eisen (versteht sich immer senkrecht auf dem magnetischen Meridian) näher der Tangentenbussole, zu oder von ihr ab, bis beide entgegengesetzte Ablenkungen einander vollkommen gleich sind, d. h. bis die Nadel genau wieder auf dem Nullpunkt steht, so mufs, wenn der Magnetismus der Stromstärke wirklich proportional ist, die Nadel auch dann in derselben Gleichgewichtslage beharren, wenn der Strom geändert wird. Ich habe in dieser Beziehung einen aus sehr weichem Eisen geschmiedeten Stab von 1 Zoll Durchmesser untersucht und weder bei sehr starken Strömen, noch bei sehr schwachen, deren Werth an meiner Tangentenbussole von 10° bis 60° variirte, die geringste dauernde Abweichung der Nadel bemerken können; hingegen zeigte sich eine solche allerdings, wenn ich dünnere Stäbe anwandte, und namentlich mit Eisendraht von 1 Linie Durchmesser konnte ich mit denselben Strömen, wie oben, Abweichungen von 10° bis 20° hervorbringen, und zwar bei stärkeren Strömen, nach der Richtung des Stroms, bei den schwächeren, nach der Richtung des vorherrschenden Magnetismus; so dafs also die von Müller angegebene Abweichung von dem obigen Gesetze allerdings ihre Richtigkeit zu haben scheint; doch zeigte sich allemal nach Beendigung der Versuche, dafs die dünnen Drähte, obwohl gleichfalls aus sehr weichem Eisen, eine bleibende Polarität erlangt hatten, nachdem sie aus der Spirale genommen wurden, während die dickeren Eisenstäbe, welche keine Ablenkung der Nadel verursachten, auch keinen remanenten Magne-

Magnetismus zeigten. Ich habe jedoch bisjetzt noch keine ausführliche Reihe von Versuchen mit einer gröfseren Anzahl von verschiedenen Eisenstäben anstellen können, glaube jedoch, dafs meine Methode eher als die frühere geeignet sey, der Sache auf den Grund zu kommen, weil sie, indem hier nur die Gleichgewichtslage der Nadel, nicht die Gröfse der Abweichung beobachtet wird, von einer Menge von Beobachtungsfehlern, welche bei der Beobachtung grofser Abweichungen unvermeidlich sind, befreit ist.

Dresden, den 20. December 1851.

XVIII. *Ueber die Auffindung des Weizenmehls im Roggenmehl.*

Es ist bei Erhebung der Mahlsteuer hier (in Berlin) von grofser Wichtigkeit, einen Gehalt von Weizenmehl im Roggenmehle erkennen zu können. Da für Roggenmehl eine nur sehr geringe Steuer (5 Sgr. für den Centner) für Weizenmehl aber eine weit bedeutendere (20 Sgr. für den Centner) erhoben wird, so giebt diefs Veranlassung zu zahlreichen Defraudationen.

Es wird namentlich das Roggenmehl mit bedeutenden Mengen von Weizenmehl gemengt, um als reines Roggenmehl versteuert zu werden. Durch das äufsere Ansehen und selbst durch eine genaue mikroskopische Besichtigung ist es nicht gut möglich diesen Betrug zu entdecken. Eine leicht und schnell ausführbare Methode aber, um einen, selbst geringen, Gehalt von Weizenmehl im Roggenmehle mit Sicherheit aufzufinden, ist hier vom Steuerrathe Bamihl aufgefunden worden. Sie giebt ein sehr sicheres Resultat.

Diese Methode gründet sich auf die bekannte Erfahrung, dafs der Kleber des Weizens unlöslich, der des Roggens aber auflöslich in Wasser ist.

Das gewöhnliche Verfahren, den Kleber aus dem Weizenmehle zu gewinnen, besteht bekanntlich darin, dafs man dasselbe in einem leinenen Beutel so lange unter Wasser knetet, bis dieses nicht mehr milchicht abläuft. Die Stärke geht hierbei durch die Poren des Beutels, während der Kleber in demselben zurückbleibt.

Dieses Verfahren ist indessen nicht allein zeitraubend, sondern bei aller Vorsicht auch unsicher, da es selten gelingt, allen Kleber in dem Beutel während des Ausknetens des Mehls zurückzuhalten; bei einer Mischung von Weizenmehl und Roggenmehl aber giebt dieses Verfahren gar kein Resultat.

Kommt es darauf an, den Klebergehalt des Mehls in einigen Minuten nachzuweisen, so hat sich folgendes Verfahren als praktisch erwiesen:

Man verschafft sich zu diesen Versuchen eine grobe Weizenkleie (Weizenschalen, Bulstern), welche man um sie gänzlich von den Mehltheilen und dem darin befindlichen Kleber zu befreien, während dreimal 24 Stunden in Wasser einweicht, bis dasselbe säuerlich riecht, dann mehrere Male mit reinem Wasser auswäscht und bei gelinder Ofenwärme austrocknet.

Von dieser Kleie schüttet man zwei Drittel eines gehäuften Theelöffels auf die Fläche der linken Hand, und auf die Kleie einen gehäuften Theelöffel des zu prüfenden Mehls, und vermischt Kleie und Mehl durch Umrühren vermittelst des Löffelstiels, oder eines platten Stielchens. Hierauf giefst man auf dieses Gemisch so viel kaltes Wasser, dafs nach dessen Vermischung mit dem Mehle und der Kleie ein sehr compacter Teig erhalten wird, den man mit dem nafs gemachten Löffelstiel, einem Stielchen, oder auch mit dem Zeigefinger der rechten Hand bearbeitet und zu einer Kugel formt. Diesen Teig behält man auf der Fläche der linken Hand, schliefst diese ein wenig, hält sie über ein Gefäfs mit kaltem Wasser, schöpft mit der rechten Hand auf den Teig, und drückt mit der ganzen Hand, diese auf- und zuschliefsend, so dafs die durch das

Wasser aufgelösten oder suspendirten Theile ausgedrückt werden, und abfliefsen. Hierbei hat man zu sehen, dafs keine Kleie mit ausgespült, und der Teig nicht zu flüssig werde.

Mit dem Daumen und dem Zeigefinger der rechten Hand formt man den breitgedrückten Teig immer wieder zu einer Kugel, diese stets durchknetend, schüttet wieder Wasser auf den Teig und fährt mit dieser Manipulation so lange fort, bis das Wasser nicht mehr milchicht abfliefst.

Drückt man die Kleie stark aus, und zieht sie langsam auseinander, so wird der in der Kleie hängen gebliebene Kleber in Fäden sichtbar, wenn man reines Weizenmehl oder ein Gemisch von Weizen- und Roggenmehl, in welchem das letztere nicht vorherrschend ist, der Probe unterworfen hat.

Will man den Kleber von der anhängenden Kleie befreien, so reibt man die nach dem Auswaschen der Stärke übrig bleibende zusammenhängende Masse unter einem starken Druck zwischen den beiden Handflächen, diese kreisförmig bewegend, wodurch sich die Kleie von dem Kleber trennt. Durch fortgesetztes Reiben der zusammenhängenden Masse zwischen den Händen, und durch wechselweises Eintauchen beider Hände in das Gefäfs mit Wasser wird die Kleie von dem Kleber und von den Händen immer mehr und mehr entfernt. Kommt es darauf an, so kann man den Kleber durch Drücken und Zerreifsen unter Wasser von der noch anhängenden Kleie ziemlich vollständig befreien.

Mit Weizengries läfst sich dieser Versuch ohne allen Zusatz von Kleie machen.

Der Zusatz von Kleie zum Mehle bezweckt und bewirkt, dafs der Kleber des Weizens, welcher in kaltem Wasser nicht löslich ist, sich an dieselbe hängt, und beim Auswaschen der Stärke nicht weggespült werde.

Dieses Verfahren ist aber nur dann entscheidend, wenn

in der Mengung das Weizenmehl vorherrschend ist. Findet der umgekehrte Fall statt, so wendet man folgendes modificirtes Verfahren an:

Man nimmt ein Loth des zu untersuchenden Mehls, und vermischt diefs mit zwei gehäuften Theelöffeln Kleie und dem erforderlichen Wasser zu einem compacten Teige. Diesen Teig knetet man in einem, aus doppelt über einander liegender, feinster seidener Gaze angefertigten Beutel so lange unter kaltem Wasser bis dieses nicht mehr milchicht abfliefst.

Zur Herstellung eines solchen Beutels dienen zwei Stücke feiner seidener Müller-Gaze (No. 10 und No. 14) jedes ungefähr von 8 Zoll im Quadrat. In die Mitte des einen Gaze-Stückes legt man den gebildeten Teig, und fafst mit den Fingern der linken Hand dicht über dem Teige das Ganze fest zusammen. Mit dem zweiten Stück Gaze umschliefst man in Form eines Beutels den Gaze-Beutel, welcher den Teig enthält, jedoch so, dafs die Umschliefsungsfläche des äufseren Beutels gröfser ist als die des innern Beutels, damit jedes Pressen und zu enge Anliegen des äufseren Beutels an den inneren Beutel vermieden werde. In ihrem Querdurchschnitt bilden die beiden Beutel zwei Kreise von verschiedenem Durchmesser. Die zusammengefalteten Kopfenden der beiden Beutel schliefst man, wie vorher den inneren Beutel, dicht über dem Teige mit den Fingern der linken Hand, so zwar, dafs beim Auskneten des Teiges dieses durch das Kopfende nicht allein nicht zurückgleiten kann, sondern in dem Maafse, als das Volumen des Teiges durch das Auskneten des Teiges sich verkleinert, durch Zusammendrücken des Beutels wieder eingeschlossen werde.

Nach dem Auskneten des Teiges drückt man die Beutel und den Inhalt mit der ganzen Hand stark aus, zieht behutsam das äufsere Gaze-Stück von dem inneren Beutel ab und untersucht:

1) Die innere Fläche des Gaze-Stückes, welches als äufserer Beutel gedient hat, so wie auch die äufsere Fläche

des Beutels, in welchem sich die ausgewaschene Kleie befindet.

2) Die im Beutel zurückgebliebene Kleie.

Die Prüfung der Kleie geschieht nun nach dem oben angeführten Verfahren; man reibt dieselbe, zu einer Kugel gestaltet, unter einem starken Druck zwischen den beiden Handflächen. Bleibt nach Anwendung der Kleie Kleber zurück, so bestand das geprüfte Mehl entweder aus reinem Weizenmehl, oder aus einem Gemenge von Weizen- und Roggenmehle, in welchem letzteres nicht vorherrscht. Bei allen angestellten Versuchen mit Mengungen von Weizen- und Roggenmehl, in welchem letzteres dem Gewichte nach vorwaltete, wurde in der ausgewaschenen Kleie kein Kleber wahrgenommen.

Bestand das geprüfte Mehl aus Weizenmehl oder aus einem Gemenge von Weizen- und Roggenmehle, so findet sich auf den beiden Flächen des Gaze-Stücks Kleber vor, welcher, was deutlich wahrgenommen werden kann, während des letzten Stadiums des Ausknetens des Teiges durch das Gewebe des inneren Beutels tritt, und sich zwischen den beiden Gaze-Beuteln ablagert.

Dabei ist es eigenthümlich, dafs bei einer Mengung der beiden Mehlgattungen nach dem Verhältnisse, dafs gleiche Theile beider, oder mehr Weizen- als Roggenmehl in dem Gemenge enthalten war, desto weniger Kleber sich zwischen den beiden Gaze-Beuteln ablagert, je mehr Weizenmehl die Mengung enthielt, so dafs bei reinem Weizenmehl der geringste, bei einem Gemenge von Weizen- und Roggenmehle jedes zur Hälfte, aber der gröfste Theil des Klebers sich zwischen den beiden Beuteln vorfindet. Bei einem Gemenge aus gleichen Theilen beider Mehlarten erhält man $\frac{2}{3}$ des Klebers zwischen den Beuteln und $\frac{1}{3}$ desselben in der Kleie, während bei einer Mengung $\frac{7}{8}$ Weizen- und $\frac{1}{8}$ Roggenmehl das umgekehrte Verhältnifs stattfindet. Ist in der Mengung das Roggenmehl vorherschend, so ist, wie schon bemerkt worden, in der ausgewaschenen Kleie gar kein Kleber; dieser befindet sich dann zwischen

den beiden Gaze-Beuteln, und zwar in einer Menge, welche der Quantität des Weizenmehls in dem Gemenge ziemlich entspricht.

Bei allen Versuchen konnte bei einer Mengung von $\frac{7}{8}$ Roggen- und $\frac{1}{8}$ Weizenmehl der Gehalt an Kleber noch unzweifelhaft erkannt werden; es gelang diefs auch noch bei einem an Kleber reichhaltigen Weizenmehl, als $\frac{1}{12}$ oder $\frac{1}{16}$ desselben mit $\frac{11}{12}$ und $\frac{15}{16}$ Roggenmehl gemengt worden waren.

Bei reinem Roggenmehle zeigt sich auf den beiden Flächen der Gaze zwar auch etwas Kleber, der vermittelst einer Lupe wahrgenommen werden kann, indessen in einem so unerheblichen Grade, dafs bei dessen Vergleichung mit dem erhaltenen Kleber aus einem Gemenge von $\frac{1}{16}$ Weizen- und $\frac{15}{16}$ Roggenmehl der Unterschied sofort in die Augen fällt.

Statt der seidenen, können auch wollne oder baumwollne Gaze angewandt werden, doch ist dann der Kleber schwer von der rauhen Fläche der Gaze zu trennen. Auch ist diese zu anderen Versuchen erst dann wieder zu gebrauchen, wenn der Kleber durch Gährung vollständig zerstört ist, da er sich nicht durch Waschen, wie bei der glatten seidenen Gaze, leicht entfernen läfst.

XIX. *Ueber die Rotationsperiode der Sonne; von S. H. Schwabe.*

In No. 12 von 1851 dieser Annalen äufsert Hr. Dr. Buijs-Ballot sein Bedauern, dafs ich mit meinen Beobachtungen der Sonnenflecken keine Messungen zur Berichtigung der Sonnenrotation verbunden habe. Leider haben meine zahlreichen Messungen zu diesem Zwecke kein so genügendes Resultat gegeben, dafs es als eine Berichtigung

angesehen werden kann und ich unterliefs daher die Veröffentlichung meiner Versuche. — Nach der erwähnten Aufforderung aber erlaube ich mir nur diejenigen Messungen anzuführen, welche ich für die besseren halte, da ich später durch Erfahrung belehrt wurde, dafs die gröfsere Beständigkeit der sehr veränderlichen Sonnenflecken sowohl von den Jahren ihrer Periode, als auch von ihrer Beschaffenheit abhängt. Ich glaube nämlich, dafs, wenn die Sonnenflecke an Menge abzunehmen anfangen, die regelmäfsig behoften von ungefähr 30″ bis 40″ im Durchmesser haltenden Flecke, deren Kern nicht eingerissen ist und etwas verwaschene Umrisse hat, die dauerndsten und zur Bestimmung der Rotationszeit geeignetsten sind. Die, welche sich durch eine Gröfse über 50″ mit scharfbegränzten und sehr eingerissenen Höfen und Kernen auszeichnen, sind aber die veränderlichsten nach der Form und treten am häufigsten auf, wenn die Sonne viele Flecke hervorbringt. Es hält auch schwer mit dem Faden des Mikrometers die Hälfte solcher grofsen Flecke genau zu treffen. Die Ränder des Hofes sind durch ihre Unregelmäfsigkeit noch weniger brauchbar, denn vergröfsert sich ein Fleck, so geschieht dieses gewöhnlich am östlichen Rande des Hofes, verkleinert er sich oder fängt er an sich aufzulösen, so nimmt er in der Regel am westlichen Rande zuerst ab. Hierdurch erfolgt eine Verschiebung des Mittelpunktes, wodurch ein Fehler in der Messung bedingt wird, der oft sehr bedeutend seyn kann. — Mit der zunehmenden Menge der Flecke tritt oft der Fall ein, dafs man am folgenden Tage ungewifs ist, welcher der kleinere Flecke gemessen wurde. Zu diesen Hindernissen kommt die Unbeständigkeit der Witterung, welche die günstigen Stunden noch mehr verringert und viel Messungen nutzlos macht. Gegenwärtiges Jahr würde vielleicht zu dergleichen Messungen geeignet seyn, wenn es mehr, wie das vergangene Jahr, heitere Tage hintereinander in Aussicht stellt. — Das Misslingen meiner Versuche mufs ich mehr den hier erwähnten ungünstigen Umständen als den Feh-

lern der Beobachtung oder der Instrumente zuschreiben. Ich beobachte stets mit zwei Fraunhofer'schen Fernröhren von $3\frac{1}{2}$ und von 6 Fufs Brennweite die mit den bekannten Filarmikrometern versehen sind; ich wende nur Vergröfserungen bezüglich von 42 und 72 an und mache die Messungen während der Culmination der Sonne, wobei die Flecke ungefähr in der Mitte der Sonne stehen, so dafs sie am ersten Tage diese noch nicht erreicht, am dritten Tage sie überschritten haben. Die Messungen sind nach den mir von Hrn. Prof. Encke mitgetheilten Formeln, theils von Hrn. Dr. Wöpcke, theils von mir berechnet.

No. des Fleckes.	Zeit der Beobachtung.	Berechnete Rotationsperiode in Tagen.
1.	1842. December 25 und 27	25^t,3232
2.	1843. Januar 21 und 23	25 ,4225
3.	Mai 1 und 2	25 ,7038
4.	Mai 2, 3 und 4	25 ,7521
		25 ,5591
5.	Juli 29, 30, 31 und August 27	25 ,0743
		25 ,7320
		25 ,4899
	Im Mittel =	25 ,5071

Hierbei mufs ich noch bemerken, dafs der Fleck No. 5 bei der zweiten Rotation am 27. August unverändert und mit Ort und Zeit übereinstimmend auftrat.

Dessau den 2. Februar 1852.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1852. ANNALEN №. 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXV.

I. *Ueber die Abhängigkeit des Durchgangs der strahlenden Wärme durch Krystalle von ihrer Richtung in denselben; von H. Knoblauch in Marburg.*

Die Menge strahlender Wärme, welche diathermane Körper durchdringt, ist bekanntlich nach der Natur der letzteren verschieden. Melloni [1]) hat zuerst die Frage angeregt, ob dieser *Durchgang der strahlenden Wärme auch in einem und demselben Körper*, wie einem Krystall, als quantitativ verschieden sich darstelle, je nachdem die Wärme einen solchen *längs der einen oder im Sinne einer anderen Axe* durchstrahle. Die Resultate, zu denen Melloni und ich selbst [2]) bei den bisher untersuchten Körpern, einem wasserhellen Bergkrystall und einem Kalkspath, gelangt sind, hatten keinen Unterschied dieser Art erkennen lassen.

Demohnerachtet schien es mir rathsam, die Untersuchung noch an anderen Krystallen fortzusetzen. Es wurde zuerst ein *brauner Bergkrystall* dem Experiment unterworfen. Derselbe war vollkommen würfelförmig dergestalt geschnitten, dafs vier Seitenflächen des Würfels der krystallographischen Axe des Bergkrystalls parallel waren, während zwei auf derselben winkelrecht standen. Die Wärmestrahlen der Sonne schienen für die Versuche vorzugsweise geeignet, weil sie den doppelten Vortheil gewährten, unter sich parallel zu seyn und eine möglichst hohe Intensität darzubieten.

1) *Ann. de Chim. et de Phys. T. LIII. p.* 63. Pogg. Ann. Bd. 35, S. 299. 568.

2) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 183. ff.

Durch den Spiegel eines Heliostaten wurden dieselben in horizontaler Richtung in ein finsteres Zimmer geworfen und darin, ungeachtet des veränderten Standes der Sonne, ohne wesentliche Verschiebung während der Dauer der Beobachtung erhalten. Den Bergkrystall schaltete man in den Gang der Strahlen ein, indem man ihn auf einer Scheibe befestigte, die in horizontaler Ebene um 90° gedreht werden konnte. Die durch den Würfel hindurchgegangene Wärme fiel auf die quadratische Vorderfläche einer Thermosäule, deren Erregung an einem mit ihr verbundenen Multiplicator gemessen wurde. Es versteht sich von selbst, dafs alle Nebenstrahlen sorgfältig von dem Thermoskop zurückgehalten wurden, so dafs in der That nur die aus dem Krystall austretenden auf dasselbe einwirkten.

Unter diesen Umständen ergab die Beobachtung, dafs die Wärmestrahlen, welche parallel der Axe des Bergkrystalls durch denselben hindurchgingen, die Multiplicatornadel um 34,05 Grade ablenkten [1]). Durchdrangen sie den

1) Wenn es sich um genauere Bestimmungen mittelst der Thermosäule handelt, so reicht es nicht hin, die Ablenkung am Multiplicator einfach abzulesen. Denn es rührt dieselbe nicht von den zu messenden Wärmestrahlen allein, sondern auch von zufälligen Temperaturunterschieden auf beiden Seiten der Säule her. Kommt es nun darauf an, den Einflufs der letzteren von jener Wirkung in Abzug zu bringen, so schaltet man in den Gang der Strahlen einen adiathermanen Körper von der Temperatur der Umgebung z. B. einen Metallschirm ein, welcher alle Wärmestrahlen von der Säule zurückhält, ohne jene Temperaturdifferenz zu ändern. Die alsdann zurückbleibende Abweichung der Nadel bildet in dem betreffenden Falle den Ausgangspunkt für die Bestimmung. Hatte z. B. die Gesammtablenkung 35°,05 betragen, und die Nadel blieb beim Einschalten des Metallschirmes nach derselben Seite hin auf 1° stehen, so war 34°,05 als die von den Wärmestrahlen allein bewirkte Ablenkung zu betrachten.

Bei allen, in der vorliegenden Abhandlung enthaltenen Werthen sind die Angaben des Thermoskops auf diese Weise bestimmt worden. Jede der zum arithmetischen Mittel vereinigten Zahlen ist demnach das Resultat aus zwei einzelnen Ablesungen am Multiplicator, deren eine nur den Zweck hat, den wahren Nullpunkt für die betreffende Beobachtung zu ermitteln.

Krystall aber (nachdem derselbe um 90° gedreht worden war) so, dafs sie winkelrecht gegen seine horizontale krystallographische Axe gerichtet waren, so brachten sie nur eine Ablenkung der Nadel von 31,19 Graden hervor.

Das Verhältnifs dieser Zahlen, deren jede, wie bei den meisten der folgenden das arithmetische Mittel aus 12 einzelnen Beobachtungen darstellt, ist wie 100 : 92.

Die Wärmemenge, welche einen braunen Bergkrystall winkelrecht gegen seine krystallographische Axe durchstrahlt, ist also geringer als die, welche parallel dieser Axe durch ihn hindurchgeht.

Es war durchaus kein Grund vorhanden, diese Unterschiede einer zufälligen Ungleichmäfsigkeit der Masse des Krystallwürfels zuzuschreiben.

Ganz dieselben Versuche wurden mit einem Würfel von *Beryll* angestellt. Auch hier zeigte sich ein verhältnifsmäfsig geringerer Durchgang der strahlenden Wärme winkelrecht gegen die krystallographische Axe als im Sinne dieser Richtung.

Bezeichnet man wieder mit 100 die Wärmemenge, welche durch den Krystall parallel seiner Axe hindurch geht, so giebt das Thermoskop 54 als diejenige an, welche ihn in einer darauf senkrechten Richtung durchstrahlt. Das Verhältnifs dieser Werthe hat nicht ganz die Bedeutung wie im ersten Falle, weil die Masse des Berylls eine gewisse Unhomogenität zeigte.

Bei einem Würfel von *Turmalin*, der in Bezug auf seine krystallographische Axe genau wie die vorigen Körper geschliffen war, und mit dem beim Experiment auf dieselbe Weise verfahren wurde, bot sich ein entgegengesetztes Verhalten dar. Durch ihn geht nämlich die strah-

Die Ablenkungen der Nadel waren als Maafs der sie hervorbringenden Wärmemengen anzusehen, da sie sich nicht über 35° erhoben, innerhalb welcher Gränze (nach einer besonderen Prüfung des Instruments) jene Ablenkungen den sie erzeugenden Kräften proportional gesetzt werden konnten. (Vergl. Pogg. Ann. Bd. 74, S. 7 unten.)

lende Wärme winkelrecht gegen seine Axe in reichlicherem Maafse als längs derselben hindurch.

Die Ablenkungen am Thermomultiplicator, durch welche diese Wärmemengen gemessen werden, verhalten sich wie 100 : 158, wovon die erste Zahl die Wärme bezeichnet, welche parallel der Axe, die letztere diejenige, welche winkelrecht gegen diese Richtung den Turmalin durchdringt. Die homogene Beschaffenheit des letzteren gestattete ebenso wenig wie die des Bergkrystalls die gedachten Unterschiede für eine Wirkung zufälliger Ungleichförmigkeit seiner Masse zu halten.

Es ist demnach durch die mitgetheilten Beobachtungen erwiesen, dafs *die strahlende Wärme durch gewisse Krystalle nach verschiedenen Richtungen hin in ungleichem Verhältnifs hindurchgeht.*

Diese Erscheinung weiter zu verfolgen, schien es von Interesse die beschriebenen Versuche anstatt mit natürlichen Wärmestrahlen auch mit *polarisirten* anzustellen [1]). Zu dem Ende liefs ich die Sonnenstrahlen durch ein Nicol'sches Prisma gehen, bevor sie zum Krystallwürfel gelangten.

Zuerst war jenes Prisma so gestellt, dafs der durch seine stumpfen Winkel gelegte Hauptschnitt eine verticale Lage hatte und demgemäfs die Polarisationsebene der austretenden Strahlen horizontal war.

Gingen die Wärmestrahlen auf solche Weise polarisirt

1) Streng genommen befand sich die Wärme auch schon in den vorigen Fällen nicht im natürlichen Zustande, da sie durch die Reflexion vom Stahlspiegel des Heliostaten elliptisch polarisirt worden war. (Pogg. Ann. Bd. 74, S. 167. 168.)

Aber die ihr dadurch ertheilte Eigenthümlichkeit unterschied sie (bei der Kleinheit der Einfallswinkel der Strahlen) so wenig von der natürlichen Wärme und war namentlich im Vergleich mit der linearen Polarisation, auf welche die weiteren Untersuchungen sich beziehen, so verschwindend, dafs die in das Zimmer eintretenden Wärmestrahlen in Betreff der Resultate als nicht polarisirt betrachtet werden konnten und demgemäfs auch im Folgenden (freilich uneigentlich) als natürliche bezeichnet worden sind.

durch den Bergkrystallwürfel hindurch, dessen krystallographische Axe ebenfalls horizontal war, so lenkten sie die Nadel des Thermomultiplicators auf 8°,1 ab, wenn sie jener Axe parallel, dagegen auf 8°,3, wenn sie winkelrecht gegen dieselbe gerichtet waren. Diese Werthe unterscheiden sich nur innerhalb der Beobachtungsfehler und sind unter sich als gleich zu betrachten.

Es verschwinden also die vorher bei natürlicher Wärme beobachteten Verschiedenheiten wieder für diesen Fall polarisirter Strahlen.

Aehnliches wie beim Bergkrystall zeigte sich beim Beryll. Zwar ging bei diesem auch die polarisirte Wärme winkelrecht gegen die krystallographische Axe in geringerem Maafse als parallel derselben hindurch, aber die Wärmemengen, deren Verhältnifs vorher 54:100 betragen hatte, verhielten sich jetzt wie 70:100 gegen einander, ein Unterschied, welcher beim Beryll der bereits gedachten zufälligen Ungleichmäfsigkeit seiner Masse zuzuschreiben war.

Beim Turmalin war durchaus keine Verschiedenheit in der Durchstrahlung je nach der einen oder anderen Richtung bemerkbar. Das Thermoskop erfuhr genau dieselbe Einwirkung, die Wärme mochte den Krystall parallel oder winkelrecht gegen seine Axe durchstrahlt haben.

Somit ergiebt sich, dafs *polarisirte Wärmestrahlen, wenn ihre Polarisationsebene und die krystallographische Axe der gedachten Krystalle zusammenfallen, bei übrigens homogener Beschaffenheit der letzteren, nach verschiedenen Richtungen hin in gleichem Verhältnifs durch sie hindurchgehen.*

Das Nicol'sche Prisma wurde jetzt so gedreht, dafs die Ebene seines Hauptschnitts horizontal zu liegen kam, und dem zufolge die von dem Prisma austretenden Wärmestrahlen in verticaler Ebene polarisirt waren.

In diesem Zustande brachten sie, wenn sie parallel der Axe durch den braunen Bergkrystall hindurchgingen, eine Ablenkung von 9°,68 am Thermomultiplicator hervor. Sie lenkten aber die Nadel nur um 7°,03 ab, wenn ihre Richtung (beim Durchgange durch den Würfel) einen Win-

kel von 90° mit der horizontalen krystallographischen Axe bildete. Das Verhältniſs dieser Werthe, welche die Wärmewirkung messen, ist wie 100: 73.

Der oben wahrgenommene Unterschied tritt also jetzt nicht allein wieder auf, sondern ist selbst bedeutender als bei den Versuchen mit unpolarisirter Wärme. Beim Beryll verhielt sich die Wärmemenge, welche unter gleichen Umständen parallel der Axe des Krystalls austrat, zu derjenigen, welche winkelrecht gegen diese Richtung hindurchging, wie 100:21, beim Turmalin wie 100:219. In der nachfolgenden Tabelle sind diese Werthe mit den früher beobachteten zusammengestellt:

Name der untersuchten Krystalle.	Wärme, polarisirt in horizontaler Ebene.		Natürliche Wärmestrahlen.		Wärme, polarisirt in verticaler Ebene.	
	Verhältniſs der Wärmemengen, welche durch die Krystalle hindurchgehen:					
	parallel	winkelrecht	parallel	winkelrecht	parallel	winkelrecht
	gegen die horiz. kryst. Axe.		gegen die horiz. kryst. Axe.		gegen die horiz. kryst. Axe.	
Brauner Bergkrystall.	100 :	100	100 :	92	100 :	73
Beryll.	100 :	70 [1])	100 :	54	100 :	21
Turmalin.	100 :	100	100 :	158	100 :	219

Aus dem Vergleich dieser Zahlen ergiebt sich, daſs *die Verschiedenheiten in der Durchstrahlung am gröſsten sind, wenn die Wärme in dem letztbezeichneten Sinne polarisirt ist, geringer bei natürlichen Wärmestrahlen, durchaus nicht vorhanden bei der erstgedachten Art der Polarisation.*

Der wesentliche Unterschied der beiden Fälle, in denen polarisirte Wärme angewendet wurde, besteht darin, daſs beim Durchgange der Strahlen *winkelrecht gegen die Axe der Krystalle* das erste Mal die Polarisationsebene mit die-

1) Unterschied, welcher nur von zufälliger Ungleichmäſsigkeit in der Masse des Krystalls herrührt.

ser Axe zusammenfällt, das letzte Mal einen Winkel von 90° mit derselben bildet. Es fragte sich, ob Verschiedenheiten in der Durchstrahlung *längs der Axe* zu beobachten seyn würden, *je nachdem die Wärme in verschiedenen Ebenen polarisirt ist.* Diese Frage zu entscheiden, wurden die Wärmemengen gemessen, welche bei ungeändertem Stande des Würfels parallel der horizontalen krystallographischen Axe hindurchgingen, einmal wenn der Hauptschnitt des Nicols vertical, sodann wenn derselbe horizontal gerichtet war. Es waren hierbei *keine Unterschiede* wahrzunehmen, welche auf einen ungleichen Durchgang der Wärme im Sinne der Axe in dem einen oder andern Falle hätte schliefsen lassen [1]).

Wurden unter sich die Durchgänge der Wärme in den genannten Krystallen nach *verschiedenen Richtungen verglichen, die sämmtlich winkelrecht gegen die Axe* derselben waren, so zeigten sich bei ihnen keine Unterschiede, die Versuche mochten innerhalb jedes Vergleichs mit natürlichen oder mit polarisirten Wärmestrahlen angestellt werden. Es galt von jeder dieser Richtungen, was oben in Bezug auf eine derselben in den besonderen Fällen bereits mitgetheilt worden ist.

Die gedachten Resultate liefsen eine andere Frage für mich an Interesse gewinnen, die nämlich, ob die Wärmestrahlen, wie sie *quantitative* Verschiedenheiten unter den besprochenen Umständen darbieten, auch *qualitative* Unterschiede zeigen würden, je nachdem sie im Sinne der ei-

1) Traten zu Zeiten geringe Unterschiede in den Angaben des Thermoskops auf, je nachdem das Nicol'sche Prisma mit seinem Hauptschnitt vertical oder horizontal stand, so rührte diefs nur von der bereits gedachten, bisweilen in unbedeutendem Maafse sich geltend machenden elliptischen Polarisation der Wärmestrahlen her. Auch ohne den Bergkrystall, Beryll oder Turmalin waren alsdann jene Unterschiede beim Drehen des Nicols vorhanden, und das Verhältnifs der beobachteten Werthe änderte sich nicht im Mindesten beim Einschalten eines jener Krystalle in vorgedachter Weise, wie genaue Messungen bei jedem derselben aufs Entschiedenste dargethan haben.

nen oder anderen Richtung durch die vorher erwähnten Krystalle hindurchgingen [1]).

Diefs zu ermitteln, bediente ich mich eines Verfahrens, das mich bei früheren Gelegenheiten sehr feine Unterschiede in den Eigenschaften der strahlenden Wärme hatte erkennen lassen, der Durchstrahlung durch diathermane Körper. Das Princip dieses Verfahrens besteht einfach darin, dafs untersucht wird, ob diejenigen Wärmestrahlen, welche in qualitativer Beziehung mit einander verglichen werden sollen, in gleichem Grade die Fähigkeit besitzen, die nämlichen diathermanen Substanzen zu durchdringen oder nicht.

Die Versuche begannen wieder mit natürlichen Wärmestrahlen am *braunen Bergkrystall.* Es wurde zuerst die Ablenkung der Multiplicatornadel durch diejenige Wärme beobachtet, welche parallel der Axe des Krystalls durch denselben hindurch zur Thermosäule gelangte. Sie betrug 34°,71. Sodann schaltete ich zwischen Bergkrystall und Säule einen diathermanen Körper z. B. eine Platte von blauem Glase ein. Es wurde dadurch ein Theil der Wärmestrahlen zurückgehalten und die Thermosäule nur noch von denen angeregt, welche durch das blaue Glas hindurchgingen. Die Ablenkung der Nadel verminderte sich in Folge dessen auf 17°,79. Die aus dem Bergkrystall parallel der Axe austretende und auf die Vorderfläche des blauen Glases fallende Wärme verhält sich demnach zu dem Antheil, welcher durch das letztere hindurchgeht, wie 34,71 : 17,79 oder wie 100 : 51.

Die Wärmestrahlen wurden jetzt winkelrecht gegen die Axe des Bergkrystalls hindurchgelassen. Ihre directe Einwirkung auf das Thermoskop lenkte die Nadel um 33°,58 ab. Beim Einschalten des blauen Glases an derselben Stelle wie vorher, wich sie auf 17°,21 zurück. Demnach ist das Verhältnifs der auf das Glas auffallenden

1) Bei früheren Versuchen mit einem wasserhellen Kalkspath hatten sich keine Unterschiede dieser Art auffinden lassen. (Pogg. Ann. Bd. 74, S. 185. 186.)

und der durch dasselbe hindurchgehenden Wärme dieſsmal wie 33,58 : 17,21 oder 100 : 51, genau wie in dem vorigen Falle.

Auf dieselbe Weise wie mit dem blauen Glase wurde mit anderen diathermanen Körpern: gelbem, rothem und grünem Glase verfahren. Die Resultate dieser Versuche sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten, in der wie in dem vorigen Beispiel die durch den Bergkrystall hindurch zu den diathermanen Platten gelangende Wärme mit 100 bezeichnet worden ist, und deren jede Zahl das arithmetische Mittel aus etwa sechs einzeln gefundenen Werthen bildet.

Diathermane Körper.	Verhältniſs der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Bergkrystall durchstrahlt haben:	
	parallel	winkelrecht
	gegen die krystallographische Axe.	
blaues Glas	100 : 51	100 : 51
gelbes Glas	100 : 79	100 : 81
rothes Glas	100 : 65	100 : 64
grünes Glas	100 : 14	100 : 13

In keinem der hier mitgetheilten Fälle erheben sich die Unterschiede der Zahlen in beiden Rubriken über die Beobachtungsfehler. Es blieb darnach zweifelhaft, ob Wärmestrahlen, welche parallel oder winkelrecht gegen die Axe den Bergkrystall durchdrungen haben, in der That als gleichartig zu betrachten sind, oder ob ihre Unterschiede bei den bisherigen Versuchen nur der Beobachtung entgangen waren.

Dieſs weiter zu verfolgen, experimentirte ich mit Wärme, welche in dem Sinne polarisirt war, wie sie zuvor die gröſsten quantitativen Verschiedenheiten gezeigt hatte.

Es wurde wieder das Nicol'sche Prisma mit horizontalem Hauptschnitt in den Gang der Strahlen eingeschaltet, und die Wärme, auf solche Weise in verticaler Ebene polari-

sirt, durch den Krystallwürfel hindurchgelassen. Nachdem die Ablenkung am Multiplicator für diesen Fall beobachtet war, schaltete ich, wie vorher, eine der genannten Glasplatten zwischen Bergkrystall und Thermosäule ein, und las von Nenem die Angabe des Thermoskops ab. Es fragte sich, ob die Wärme unter diesen Umständen wesentliche Unterschiede in ihrem Durchgange durch die nämlichen diathermanen Körper darbieten würde, je nachdem sie parallel oder winkelrecht gegen die Axe des Krystalls durch denselben hindurchgegangen war. Die folgende Tafel stellt die Resultate der Beobachtung dar. Es ist darin wie in der vorigen das Verhältnifs der zu den diathermanen Körpern gelangenden und der aus ihnen austretenden Wärmemenge angegeben, indem die erstere wieder gleich 100 gesetzt worden ist. Jede Zahl ist das Resultat aus etwa 13 einzelnen Bestimmungen.

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche, in verticaler Ebene polarisirt, auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Bergkrystall durchstrahlt haben:	
	parallel	winkelrecht
	gegen die horizontale	krystallographische Axe.
blaues Glas	100 : 40	100 : 39
gelbes Glas	100 : 73	100 : 78
rothes Glas	100 : 42	100 : 45
grünes Glas	100 : 7	100 : 11

Vergleicht man in diesem Falle die erste und zweite Rubrik mit einander, so ergeben sich Unterschiede, welche aufserhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler liegen. *Die Wärmestrahlen, welche nach verschiedenen Richtungen durch den braunen Bergkrystall hindurchgegangen sind, besitzen also in ungleichem Grade die Fähigkeit, eine und dieselbe diathermane Substanz zu durchdringen.*

So strahlt z. B. die Wärme, welche den Bergkrystall winkelrecht gegen seine Axe durchdrungen hat, in reichli-

cherem Maafse durch das grüne Glas hindurch als die, welche parallel jener Richtung hindurchgegangen ist. Denn der das Glas durchdringende Antheil beträgt bei jener 11, bei dieser nur 7 von 100.

Es ist damit erwiesen, dafs die bezeichneten Wärmestrahlen *in qualitativer Hinsicht von einander unterschieden* sind.

Keine nachweisbare Verschiedenheit tritt dagegen auf, wenn die Wärme, anstatt in verticaler, in horizontaler Ebene polarisirt ist.

Die Anstellung der Versuche genau in vorher angegebener Weise mit dem einzigen Unterschiede, dafs der Hauptschnitt des polarisirenden Nicols diefsmal nicht horizontal, sondern vertical gerichtet war, ergab folgende Werthe, deren jeder das Ergebnifs aus 7 Beobachtungen darstellt.

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche, in horizontaler Ebene polarisirt, auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Bergkrystall durchstrahlt haben: parallel gegen die horizontale	winkelrecht krystallographische Axe.
blaues Glas	100 : 43	100 : 42
gelbes Glas	100 : 77	100 : 77
rothes Glas	100 : 50	100 : 50
grünes Glas	100 : 10	100 : 9[1]

Die Zahlen beider Abtheilungen differiren nur innerhalb der Beobachtungsfehler. Es ist daher aus ihnen zu schliefsen, dafs *Wärmestrahlen, deren Polarisationsebene mit der Axe des Bergkrystalls zusammenfällt, als gleichartig erscheinen, sie mögen den Krystall in einer oder der anderen Richtung durchdrungen haben.*

1) Die verschiedenen Tabellen können nicht in jeder Beziehung mit einander verglichen werden, da sie aus Beobachtungen verschiedener Tage hervorgegangen sind, an denen es unmöglich war, die äufseren Umstände vollkommen gleich zu erhalten.

Ebenso wenig lassen sich Unterschiede in den Eigenschaften der Wärmestrahlen wahrnehmen, welche längs der horizontalen Axe hindurchgegangen sind, sie mögen in verticaler oder in horizontaler Ebene polarisirt seyn.

Es geht diefs aus der beigefügten Tabelle hervor, deren Werthe die arithmetischen Mittel aus je 4 einzelnen Bestimmungen bilden.

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche in verticaler	horizontaler
	Ebene polarisirt, auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Bergkrystall längs seiner horizontalen krystallographischen Axe durchstrahlt haben.	
blaues Glas	100 : 40	100 : 40
gelbes Glas	100 : 71	100 : 71
rothes Glas	100 : 53	100 : 53
grünes Glas	100 : 10	100 : 10

Die Gleichheit dieser Zahlen beweist, dafs die Strahlen in beiden Fällen dieselbe Fähigkeit besitzen, die nämlichen diathermanen Körper zu durchdringen.

Die verschiedenen, sämmtlich gegen die krystallographische Axe winkelrechten Richtungen zeigten unter sich keine Verschiedenheit. Es galt von der Eigenthümlichkeit der durch sie hindurchgehenden Wärmestrahlen für alle dasselbe, was für eine von ihnen an den betreffenden Stellen bereits besprochen ist.

Ganz dieselben Versuche wie mit dem Bergkrystall wurden mit dem *Beryll* angestellt.

Zuerst liefs ich die natürlichen Wärmestrahlen einmal parallel, dann winkelrecht gegen die Axe durch den Krystall hindurch und prüfte ihr jedesmaliges Verhalten gegen die diathermanen Körper auf die oben beschriebene Weise.

Es haben sich dabei folgende Werthe (als arithmetische Mittel aus 5 einzelnen) ergeben, über deren Bestim-

mungsweise nach den ausführlichen Mittheilungen beim Bergkrystall kein Zweifel mehr obwalten wird.

Diathermane Körper	Verhältnifs der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Beryll durchstrahlt haben: parallel gegen die krystallographische Axe.	winkelrecht gegen die krystallographische Axe.
blaues Glas	100 : 28	100 : 29
gelbes Glas	100 : 56	100 : 50

Es ergiebt sich aus diesen Zahlen, dafs *die Wärme, welche den Beryll parallel seiner Axe durchstrahlt hat, einen diathermanen Körper in anderem Verhältnifs durchdringt als die, welche winkelrecht gegen jene Richtung hindurchgegangen ist.*

Denn von der ersteren tritt z. B. aus dem gelben Glase ein Antheil gleich 56, von der letzteren ein Antheil gleich 50 auf 100 der einfallenden Strahlen aus. Die Wärmestrahlen sind demnach in den bezeichneten Fällen als *qualitativ verschieden* zu betrachten.

Noch auffallender war dieser Unterschied, als die Wärme vor dem Eintritt in den Beryll, dessen Axe wie vorher eine horizontale Lage hatte, durch das Nicol'sche Prisma in verticaler Ebene polarisirt worden war. Die folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Beobachtung.

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche, in verticaler Ebene polarisirt, auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Beryll durchstrahlt haben: parallel gegen die horizontale krystallographische Axe.	winkelrecht gegen die horizontale krystallographische Axe.
blaues Glas	100 : 39	100 : 50
gelbes Glas	100 : 54	100 : 30

In den hier mitgetheilten Werthen zeigt sich die ungleiche Durchgangsfähigkeit der beiden Strahlengruppen darin recht deutlich, dafs die eine, (parallel der Beryll-Axe hindurchgegangene) Wärmemenge das blaue Glas weniger reichlich als die andere durchstrahlt, während diese wieder das gelbe Glas in geringerem Maafse durchdringt als jene. Aufserdem sind die Unterschiede an und für sich in dem letzteren Falle gröfser als in dem ersteren in welchem unpolarisirte Wärme zum Versuch diente. So gingen z. B. durch das gelbe Glas vorher von 100 einfallenden Strahlen einmal 56, das andere Mal 50 hindurch; bei der letztern Untersuchung unter entsprechenden Umständen das erste Mal 54, dann 30.

Alle Unterschiede der Art verschwinden wieder, wenn die Wärme, anstatt in verticaler, in horizontaler Ebene polarisirt ist. Es erhellt diefs aus den beigefügten Zahlen, welche in beiden Rubriken nur innerhalb der Beobachtungsfehler differiren.

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche, in horizontaler Ebene polarisirt, auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Beryll durchstrahlt haben: parallel gegen die horizontale krystallographische Axe.	winkelrecht gegen die horizontale krystallographische Axe.
blaues Glas	100 : 43	100 : 43
gelbes Glas	100 : 63	100 : 61

Auch beim Beryll erscheinen demnach *die Wärmestrahlen, deren Polarisationsebene mit der Axe des Krystalls zusammenfällt, als gleichartig, selbst wenn sie nach verschiedenen Richtungen durch denselben hindurch gegangen sind.*

Dieselbe Gleichheit des Verhaltens zeigen alle, welche längs der Axe den Krystall durchstrahlt haben, in welcher Ebene sie auch polarisirt seyn mögen. Die folgende Tafel theilt die betreffenden Beobachtungen mit:

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche in verticaler	horizontaler
	Ebene polarisirt, auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie den Beryll längs seiner horizontalen Axe durchstrahlt haben.	
blaues Glas	100 : 35	100 : 35
gelbes Glas	100 : 42	100 : 40

Unter sich sind auch diejenigen Wärmestrahlen in ihren Eigenschaften nicht unterschieden, welche *in irgend welchen Richtungen, sofern diese nur sämmtlich winkelrecht gegen die hrystallographische Axe sind,* durch den Beryll hindurchgehen. In wie weit sie von den Strahlen parallel dieser Axe in ihrem Verhalten abweichen können, ist bereits oben erwähnt worden.

Den beschriebenen Versuchen wurde ein anderer hinzugefügt, der die gedachten Resultate theils bestätigte, theils erweiterte. Es wurden *zwei Beryllwürfel,* welche beide auf die oben angegebene Weise geschnitten waren, hinter einander so aufgestellt, dafs ihre krystallographischen Axen einmal unter sich parallel, sodann gegen einander gekreuzt waren. Im ersteren Falle waren beide vertical, im letzteren eine vertical, die andere horizontal gerichtet. Die vom Heliostatenspiegel kommenden horizontalen Wärmestrahlen gingen nach einander durch beide Krystalle hindurch und bildeten in ihrer Richtung einen Winkel von 90° mit jeder der bezeichneten Axen. Hinter diesen Würfeln wurden nun wie vorher die diathermanen Körper eingeschaltet, um die Durchgangsfähigkeit der in dem einen oder anderen Falle austretenden Strahlen zu prüfen. Die nachfolgende Uebersicht enthält die Verhältnisse, in denen dieselben durch das blaue oder gelbe Glas hindurchgingen. Die auf diese Platten einfallende Wärmemenge ist wieder mit 100 bezeichnet und auf sie der hindurchgehende Antheil bezogen worden. Jede Zahl stellt

das arithmetische Mittel aus acht einzelnen Bestimmungen dar.

Diathermane Körper.	Verhältniſs der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor die beiden Berylle bei parallelen Axen durchstrahlt haben.	Verhältniſs ... bei gekreuzten Axen durchstrahlt haben.
blaues Glas	100 : 7	100 : 20
gelbes Glas	100 : 26	100 : 10

Die sich hier ergebenden Unterschiede sind zu bedeutend, als daſs sie einer besondern Besprechung bedürften. Auch in dem letzten Beispiele stellt sich also eine *wesentliche qualitative Verschiedenheit in denjenigen Wärmestrahlen heraus, welche zwei Berylle bei parallelen oder bei gekreuzten Axen durchdrungen haben.*

Die Untersuchung am *Turmalin* führte zu ähnlichen Resultaten, wie die an den besprochenen Krystallen. Die Ergebnisse der Beobachtung beim Experimentiren mit natürlichen Wärmestrahlen sind (als Mittel aus fünf besonderen Werthen) in der nächst folgenden Tabelle enthalten.

Diathermane Körper.	Verhältniſs der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Turmalin durchstrahlt haben: parallel gegen die krystallographische Axe.	... winkelrecht gegen die krystallographische Axe.
rothes Glas	100 : 62	100 : 43
grünes Glas	100 : 29	100 : 36

Der Vergleich beider Rubriken zeigt deutlich, in wie *ungleichem Grade die parallel und winkelrecht gegen die krystallographische Axe hindurchgegangenen Wärmestrahlen die nämlichen diathermanen Körper durchdringen.* Die erstere geht durch das rothe Glas in gröſserer Quantität hindurch als

als diese, die letztere durchstrahlt dagegen das grüne reichlicher als jene.

In demselben Sinne, nur in erhöhtem Maafse, treten diese Verschiedenheiten auf, wenn die Wärmestrahlen, *in verticaler Ebene polarisirt, zum Turmalin* gelangen, *dessen Axe eine horizontale Lage* hat. Die folgenden, bedeutend von einander abweichenden Werthe stellen diefs als unzweifelhaft dar.

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche in verticaler Ebene polarisirt, auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Turmalin durchstrahlt haben: parallel gegen die horizontale	winkelrecht krystallographische Axe.
rothes Glas	100 : 14	100 : 6
grünes Glas	100 : 19	100 : 41

Die Unterschiede verschwinden auch diefsmal, wenn *die Polarisationsebene* horizontal ist, d. h. wenn sie *mit der krystallographischen Axe zusammenfällt.* Es geht diefs aus den beigefügten Zahlen hervor, deren Differenzen innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler liegen.

Diathermane Körper.	Verhältnifs der Wärmemenge, welche in horizontaler Ebene polarisirt, auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor den Turmalin durchstrahlt haben: parallel gegen die horizontale	winkelrecht krystallographische Axe.
rothes Glas	100 : 19	100 : 16
grünes Glas	100 : 9	100 : 10

Ebenso wenig sind die Wärmestrahlen von einander zu unterscheiden, welche *in irgend einer Ebene polarisirt, längs der krystallographischen Axe* durch den Turmalin hindurchgegangen sind, oder unter sich diejenigen, welche

ihn *in irgend welchen Richtungen winkelrecht gegen die Axe* durchstrahlt haben. Freilich können diese beide Gruppen, mit einander verglichen, wie zuvor gezeigt ist, wesentliche Verschiedenheiten in ihren Eigenschaften darbieten.

Es wurden noch Versuche mit *zwei Turmalin-Platten* angestellt, durch welche die Wärmestrahlen nach einander hindurchgingen und deren krystallographische Axen das eine Mal parallel, das andere Mal gekreuzt waren. Die nachfolgenden Zahlen stellen (als arithmetische Mittel aus acht einzelnen Bestimmungen) die Verhältnisse dar, in denen die in dem einen oder anderen Falle aus den Turmalin-Platten austretenden Wärmestrahlen die diathermanen Körper durchdrangen.

Diathermane Körper.	Verhältniſs der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor die beiden Turmaline bei parallelen Axen durchstrahlt haben.	Verhältniſs der Wärmemenge, welche auf die diathermanen Körper auffällt, und derjenigen, welche durch dieselben hindurchgeht, nachdem sie zuvor die beiden Turmaline bei gekreuzten Axen durchstrahlt haben.
rothes Glas	100 : 30	100 : 42
grünes Glas	100 : 19	100 : 11

Der Vergleich beider Abtheilungen läſst über die ungleiche Durchgangsfähigkeit der bezeichneten Strahlengruppen keinen Zweifel. Auch sie sind demnach als *verschiedenartig* zu betrachten.

Auſser dem Kalkspath, Bergkrystall, Beryll und Turmalin ist noch der *Dichroit* von mir untersucht worden. Soweit die bisherigen Beobachtungen an diesem Krystall reichen, zeigen die Wärmestrahlen qualitative Unterschiede, je nach den verschiedenen Richtungen, in denen sie denselben durchdrungen haben.

Die Hauptresultate der mitgetheilten Untersuchung lassen sich folgendermaſsen zusammenfassen:

1. Die strahlende Wärme geht durch gewisse Krystalle, wie brauner Bergkrystall, Beryll, Turmalin und

Dichroit, nach verschiedenen Richtungen hin in ungleicher Menge hindurch, und zeigt sich (z. B. in ihrem Verhalten gegen diathermane Körper) als verschiedenartig, je nachdem sie jene Krystalle in einem oder dem anderen Sinne durchdrungen hat. Diese Verschiedenheiten stehen im Zusammenhange mit der Polarisation der Wärme, und es gilt in dieser Beziehung:

2. Wärmestrahlen gehen winkelrecht gegen die krystallographische Axe des braunen Bergkrystalls, Berylls oder Turmalins in ganz anderem Verhältnifs als parallel jener Richtung hindurch, wenn ihre Polarisationsebene bei jenem Durchgange einen Winkel von 90° mit der Axe des Krystalls bildet.

Sie durchstrahlen aber den Krystall nach allen Richtungen hin in völlig gleicher Menge, wenn ihre Polarisationsebene mit der krystallographischen Axe zusammenfällt.

3. In jenem Falle treten auch ihre qualitativen Verschiedenheiten im Maximum auf, im zweiten sind dergleichen nicht vorhanden.

4. Längs der Axe hindurchgehend zeigen die Wärmestrahlen weder ihrer Menge noch ihren Eigenschaften nach Unterschiede, welche Lage ihre Polarisationsebene auch habe, die, bei unendlicher Mannigfaltigkeit von Stellungen, in diesem Falle stets durch die Axe des Krystalles geht.

5. Unter sich verglichen bieten die verschiedenen Richtungen, welche sämmtlich winkelrecht gegen die Axe sind, bei den genannten drei Krystallen keine Unterschiede dar.

Erwägt man hierzu, dafs (nach früheren Untersuchungen) die natürlichen Wärmestrahlen beim Durchgange durch jene Krystalle winkelrecht gegen die Axe (durch Doppelbrechung) in zwei Strahlengruppen zerlegt und so polarisirt werden, dafs die Polarisationsebene der einen mit jener Axe zusammenfällt, während die der anderen einen Winkel von 90° mit derselben bildet, ferner, dafs diese Erscheinung längs der Axe nicht stattfindet: so erklärt sich in Verbindung mit dem Angeführten der Vor-

gang in den Krystallen bei ursprünglich in natürlichem Zustande eintretenden Wärmestrahlen.

Es erleiden diejenigen Strahlen, welche parallel der Axe hindurchgehen, eine gewisse Absorption, die, nach der Natur des Krystalls verschieden, ihre Menge beim Austritt und ihre Eigenschaften, z. B. ihr Verhalten gegen diathermane Körper, bedingt. Beim Durchgange winkelrecht gegen die Axe werden die beiden alsdann auftretenden Strahlengruppen in ungleicher Weise absorbirt. Diejenige, deren Polarisationsebene mit der krystallographischen Axe zusammenfällt, erfährt dieselbe Absorption wie die Wärme bei der Durchstrahlung längs der Axe, die andere aber wird entweder in gröfserer Menge absorbirt als jene, wie bei braunem Bergkrystall und Beryll, oder in geringerer, wie beim Turmalin. Da diese Absorption überdiefs eine auswählende ist, d. h. in ungleichem Grade gegen die verschiedenen Strahlen einer und derselben Gruppe sich richtet, so wird auch die Zusammensetzung einer solchen umgewandelt und somit ihr Durchgang durch die diathermanen Körper geändert. Auch in dieser Rücksicht ist die Wärme, deren Polarisationsebene der Axe gleichgerichtet ist, nicht von der unterschieden, welche parallel dieser Richtung hindurchgeht. Dagegen zeigt die andere wesentliche Verschiedenheiten. Werden die bezeichneten Strahlengruppen nicht von einander getrennt, sondern nur in ihrer Gesammtwirkung untersucht, wie bei den Experimenten mit natürlichen Wärmestrahlen, so müssen die Bestimmungen in quantitativer wie in qualitativer Rücksicht nothwendig zu Resultaten führen, welche zwischen den Beobachtungen liegen, bei welchen, wie bei den Versuchen mit polarisirter Wärme, jene Gruppen von einander geschieden sind, und bei denen ein Mal gar keine, das andere Mal die volle Verschiedenheit auftritt. — Die mitgetheilten Werthe haben diefs vielfach erwiesen.

II. *Neue Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde, von F. Reich.*

(Auszug aus einer Abhandlung der math. phys. Classe der k. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.)

Es bedarf vielleicht einer Entschuldigung, dafs ich auf einen Gegenstand zurückkomme, der bereits einer so gründlichen Erörterung unterlegen hat, dafs es überflüssig erscheinen kann, ihn von Neuem aufzunehmen. Nach den über denselben von mir angestellten, und in einer kleinen Schrift 1838 veröffentlichten Beobachtungen ergab sich die mittlere Dichtigkeit der Erde fast genau wie sie Cavendish gefunden hatte, zu 5,45. Nach einer weit gröfseren Arbeit von Baily ist sie 5,66 [1]). Die Versuche des letzteren sind mit solcher Sorgfalt angestellt, so mannigfach verändert, und so aufserordentlich zahlreich, dafs der Werth der meinigen dagegen verschwindet. Indessen stimmen doch diese unter einander zu gut überein, um mit Wahrscheinlichkeit die Differenz beider Resultate nur der zu geringen Anzahl meiner Beobachtungen zuschreiben zu können, und Baily selbst hat die Güte gehabt, sich mehrfach mit dieser Differenz zu beschäftigen, ohne ihre Ursache aufzufinden, denn eine von ihm ausgesprochene Vermuthung, ich habe vielleicht einige weniger stimmende Beobachtungen unterdrückt, mufs ich zurückweisen.

Es mag daher begreiflich erscheinen, dafs auch mich diese Differenz beschäftigt hat, und ich vermuthe ihre Ursache in zwei Umständen gefunden zu haben.

Der erste betrifft die Bearbeitung der Resultate aus den Beobachtungen, die von Baily richtiger als von mir ausgeführt wurde, was am Kürzesten durch ein Beispiel zu erläutern seyn wird. Wenn nämlich etwa 4 Beobachtungen gemacht, und zwar die 1te und 3te bei der einen, die 2te und 4te bei der anderen Lage der Masse, so verglich ich das Mittel aus jenen mit dem aus diesen; Baily aber

1) Ann. Bd. 57, S. 453. P.

zog ein Resultat aus der 1ten und 3ten Beobachtung verglichen mit der zweiten, und ein zweites aus der 2ten und 4ten Beobachtung verglichen mit der 3ten. Käme der Arm der Drehwaage bei derselben Stellung der Masse immer in derselben Lage zur Ruhe, so wären beide Berechnungsarten zu demselben Ergebnisse führend; allein die Ruhelage ändert sich fortwährend, und zwar in der Regel während einer Beobachtungsreihe nach derselben Seite, weshalb die Beobachtungsart von Baily die richtigere ist, und ganz fehlerfreie Resultate liefern würde, wenn die Veränderung der Ruhelage des Arms bei demselben Stande der Masse der Zeit proportional wäre, was freilich nicht genau der Fall ist. In der Abhandlung sind deshalb meine früheren Beobachtungen umgerechnet, wodurch ein Endresultat von 5,49 erhalten wird.

Ein anderer Umstand scheint mir dagegen es wahrscheinlich zu machen, dafs das Endresultat von Baily etwas zu grofs ist. In Tabelle V. seines Werkes sind die einzelnen Beobachtungsreihen nach dem Gewichte der angewendeten Kugeln geordnet; nimmt man für jede Kugel das arithmetische Mittel, indem eine genauere Berechnung mit Berücksichtigung des Werthes der einzelnen Reihen für unseren Zweck unnöthig ist, so findet man die mittlere Dichtigkeit der Erde mit

den	$2\frac{1}{2}$	zölligen	Bleikugeln	5,595
»	2	»	»	5,634
»	$2\frac{1}{2}$	»	(hohlen) Kupferkugeln	5,658
»	$1\frac{1}{2}$	»	Platinkugeln	5,627
»	2	»	Zinkkugeln	5,666
»	2	»	Glaskugeln	5,768
»	2	»	Elfenbeinkugeln	5,775
dem kupfernen Arm allein				6,024.

Man sieht also, dafs das Resultat um so gröfser ausfiel, je leichter die Kugeln waren, wovon nur die Platinkugeln eine nicht sehr beträchtliche Ausnahme machen. Es ist daher wahrscheinlich, dafs bei Baily irgend eine Correction etwas unrichtig bestimmt wurde, was um so

gröfseren Einflufs haben mufste, je leichter die Kugeln waren, dafs jedoch auch die schwersten noch einen kleinen Fehler nach derselben Seite hin übrig liefsen.

Der von mir früher angewendete Apparat befand sich in einem verschlossenen Kellerraume; er mufste, da für das Holzwerk dort die Fäulnifs zu befürchten war, hinweggenommen werden, und er wurde in einem Zimmer des zweiten Stocks anfangs nur in der Absicht aufgestellt, um dort conservirt, nicht wirklich gebraucht zu werden, indem es mir nicht gestattet war, gegen Temperaturänderungen und sonstige Störungen so ängstliche Fürsorge treffen zu können, als Baily gethan hat. Allein der Anwendung eines von diesem beschriebenen, von Hrn. Forbes angegebenen Kunstgriffes glaube ich es verdanken zu müssen, dafs auch in diesem neuen Locale eben so regelmäfsige Beobachtungen wie früher angestellt werden können. Es besteht dieser Kunstgriff darin, das hölzerne, die Drehwaage umgebende Gehäuse äufserlich und innerlich mit einem Metallüberzuge zu bekleiden, wozu ich Staniol nahm. Die günstige Wirkung einer solchen metallischen Umgebung bei Beobachtung sehr leicht beweglicher Apparate ist auch schon in anderen Fällen (von den HH. Regnault, Kohlrausch) angegeben und angewendet worden, mag sie nun in einer verminderten Empfindlichkeit des Gehäuses gegen äufsere Temperaturdifferenzen, oder, wie mir wahrscheinlicher dünkt, in der Beseitigung jeder Spur von Elektricitätsentwicklung an einzelnen Stellen bestehen.

Eine andere Veränderung des Apparates wurde in weiterer Verfolgung der mir von Anfang an vorschwebenden Idee vorgenommen, alle Correctionsgröfsen möglichst klein zu machen oder noch lieber zu beseitigen, um es soviel als thunlich nur mit der einfachen Anziehung zwischen der Masse und der Kugel zu thun zu haben. Deshalb wurde der dicke Draht, der früher die Masse trug, und dessen Anziehung auf die Kugel und den Arm nicht ganz unbe-

trächtlich ist, hinweggelassen, und anstatt dessen die Masse auf eine Art Drehscheibe, welche die Kugel und ihr Gehäuse umgiebt, gelegt; so dafs bei einer Aenderung der Lage der Masse kein anderer Körper seine Anziehung auf die Kugel ändert. Dabei konnten die Versuche nicht mehr so angestellt werden, dafs man die Ruhelage des Arms einmal bei genäherter und einmal bei entfernter Masse beobachtete, sondern es mufste dasselbe Verfahren, welches Cavendish und Baily einschlugen, zur Anwendung kommen, die Masse abwechselnd von der einen und anderen Seite die Kugel anziehen zu lassen.

Mit denselben Kugeln, die früher angewendet wurden, und die aus Zinn mit 10 Proc. Wismuth und etwas Blei bestehen, und 484,19 Gramm wiegen, und ebenso denselben Bleimassen von 45031 Gramm wurden drei Versuchsreihen angestellt, von denen ich die einzelnen Resultate aufführe, wegen der speciellen Angabe der Beobachtungszahlen auf die Abhandlung selbst verweisend.

Die erste Reihe wurde mit einem 0,5^{mm} dicken und 2270^{mm} langen Kupferdraht angestellt und gab

5,5948
5,4390
5,7114
5,4406
5,5270
5,5587
5,3773
5,5237
5,5933
5,6216
5,5470
5,5177
5,6880
5,6046
5,6149
5,5681
5,4715 *
5,2067 *
5,7452
5,5737
5,6211
5,5334
5,6423
5,5237

Mittel 5,5519
Wahrscheinlicher Fehler 0,0152.

Die Originalzahlen selbst lassen vermuthen, dafs in den die beiden mit * bezeichneten Resultate gebenden Beobachtungen sich ein Fehler eingeschlichen habe; läfst man diese aus der Berechnung hinweg, so erhält man als

Mittel 5,5712 mit dem
wahrscheinlichen Fehler 0,0113.

Die zweite Reihe ist mit einem Kupferdrahte von $0,4^{mm}$ Dicke und 620^{mm} Länge angestellt worden. Der erste Draht war nämlich noch zu steif, um von dem anhängenden Gewichte der Drehwaage völlig gerade gezogen zu werden, und es stand zu vermuthen, dafs die beträchtlichen Aenderungen in der Torsionskraft, die sich durch die verschiedene Gröfse der Ablenkung sowohl als der Schwingungszeit zu erkennen gab, ihren Grund in der unvollkommenen Spannung des Drahtes haben könne, und bei einem dünnen Drahte sich vermindern würde, damit zugleich eine noch bessere Uebereinstimmung der einzelnen Resultate herbeiführend. Dieser dünne Draht mufste aber auch kürzer genommen werden, um die Schwingungszeit nicht zu unbequem grofs zu erhalten. Jene Hoffnung wurde nicht erfüllt, denn theils variirte die Zeit einer doppelten Schwingung in der ersten Reihe von 688,6 bis 722,0 in der zweiten von 497,0 bis 512,6 Sekunden, was in jener eine Aenderung der Torsionskraft im Verhältnifs von 1:1,099, in diesem von 1:1,064 entspricht, also nicht entscheidend ist, theils sind die erhaltenen Resultate in der zweiten Reihe noch etwas differenter als in der ersten, denn es wurde gefunden

	5,5953
	5,7860
	5,3127
	5,5767
	5,5471
	5,5245
	5,5734
	5,5772
	5,7574
	5,7442
	5,6176
	5,4817
	5,5847
	5,5157
	5,7812
	5,6016
	5,5770
	5,5793
	5,9935
	5,6369
	5,4581
	5,6910
	5,6806
	5,6214
Mittel	5,6173.
Wahrscheinlicher Fehler	0,0181.

Die dritte Reihe wurde mit einem bifilaren Eisendrahte, der unten 4,2^{mm}, oben 5^{mm} Abstand hatte und wieder 2270^{mm} lang war, in der Hoffnung angestellt, mit demselben übereinstimmendere Resultate zu erhalten. Diese Erwartung schien sich dadurch zu bestätigen, dafs der Arm schon nach ein oder zwei Tagen eine fast constante Lage annahm, wogegen ein unifilarer Draht mehrere Monate bedarf, ehe er seine Tendenz, sich nach einer Seite hin zu drehen, merklich verliert. In dieser Hinsicht ist daher die bifilare Aufhängung von entschiedenem Vorzuge. Allein die Differenzen in der Torsionskraft waren sogar noch beträchtlicher, da die einzelnen beobachteten Schwingungszeiten von 770,3 bis 813,2 Sekunden, also die Torsionskraft im Verhältnifs von 1 : 1,114 variirte.

Diese Veränderlichkeit in der Torsionskraft eines, immer

von demselben Gewichte gespannten, sowohl unifilaren als bifilaren Drahtes, die sich mit der Zeit verliert und nicht von der Temperatur abhängt, — übrigens bei Baily in noch höherem Grade vorkommt, — verdient wohl die Aufmerksamkeit, und es wäre auch für andere Beobachtungen von Interesse, deren Ursache zu ermitteln, um dann sie vielleicht beseitigen zu können.

Der bifilare Draht gab für die mittlere Dichtigkeit der Erde

	5,3468
	5,4487
	5,7235
	5,5102
	5,5539
	5,7192
	5,7233
	5,6360
	5,4957
	5,7034
	5,7936
	5,7326
	5,5248
	5,7639
	5,4751
	5,5333
	5,5080
	5,6469
	5,6304
	5,4411
	5,3913
	5,5886
	5,7647
	5,5282
Mittel	5,5910.
Wahrscheinlicher Fehler	0,0169.

Es ist daher auch mit der bifilaren Aufhängung nicht gelungen, übereinstimmendere Resultate zu erlangen.

Aus allen drei Reihen ergiebt sich als Hauptmittel

5,5832

mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,0149.

Es liegt sehr nahe, zu befürchten, dafs diese Versuche durch geringe magnetische oder diamagetische Einwirkungen zwischen Masse und Kugel gestört, und ihre Resultate unrichtig gemacht werden, wenn man auch nicht den von Hrn. G. Whitehead Hearn (*Philosoph. Transact.* 1847 *P.* 2, *p.* 122) entwickelten Ansichten beistimmen kann.

Um hierüber Gewifsheit zu erlangen, stellte ich einige Versuche mit einer diamagnetischen Wismuthkugel und mit einer magnetischen Eisenkugel an.

Die Wismuthkugel gab

5,6728
5,6853
5,1436
5,5033
5,3939
5,7876
5,5032
5,7153
5,5063
5,3551

Mittel 5,5266
mit dem wahrscheinlichen Fehler 0,0402.

Die Eisenkugel gab

5,6269
5,7234
5,5645
5,6098
5,8482
5,8071
5,6455
5,7025
5,9636
5,3563
5,8719
5,5453

Mittel 5,6887
mit dem wahrscheinlichen Fehler 0,0312.

Das etwas geringere Resultat mit der diamagnetischen Wismuthkugel kann bei der noch vorhandenen Unsicherheit nichts entscheiden, dagegen ist das Resultat mit der weit stärker magnetischen Eisenkugel abweichend genug,

um es wahrscheinlich zu machen, dafs hier ein störender Einflufs stattfand, und man kann vermuthen, dafs der Magnetismus der Lage der Eisenkugel abstofsend auf die diamagnetische Bleimasse wirkte, daher die durch die Gravitation hervorgebrachte Ablenkung des Arms verminderte, und folglich einen zu grofsen Werth gab.

Jedenfalls erhellt aber hieraus, dafs zwischen der bei den Hauptversuchen angewendeten, viel schwächer als die Wismuthkugel diamagnetischen Kugel und der Bleimasse eine irgend merkliche Wirkung der Art nicht vorhanden war.

Schon Cavendish fand, und die Versuche von Baily und von mir bestätigen vollkommen, dafs es nicht thunlich ist, die Schwingungszeit der Drehwaage für sich ein für alle Mal, und dann nur die Ablenkung durch die genäherte Masse zu bestimmen, weil wegen der schon oben besprochenen Veränderlichkeit der Torsionskraft des Aufhängedrahtes nur brauchbare Resultate erhalten werden können, wenn Schwingungsdauer und Ablenkung gleichzeitig bestimmt werden. Dieses ist auch die Ursache, weshalb nach einem mir vor längerer Zeit gemachten Vorschlage des Hrn. Forbes angestellte Versuche zu keinem brauchbaren Ergebnisse führten, die mittlere Dichtigkeit der Erde aus Schwingungsbeobachtungen allein abzuleiten, indem man die Masse einmal wie bisher normal gegen die Richtung des Arms, ein andermal parallel dieser Richtung auf die Kugel wirken läfst. Bei der jetzigen Einrichtung meines Apparates liefs sich das sehr gut ausführen, indem auf die Drehscheibe zwei gleiche Bleimassen diametral entgegengesetzt gelegt, diese aber theils so gestellt wurden, dafs die Verbindungslinie ihrem Mittelpunkte normal auf der Richtung des Arms, — theils so, dafs sie damit parallel stand. Auf diese Weise wird der Arm der Drehwaage gar nicht abgelenkt, aber ihre Schwingungszeiten werden im ersten Falle vergröfsert, im zweiten verkleinert, und aus dem Verhältnifs beider ist das gewünschte Resultat leicht

herzuleiten, worüber, sowie über einige mifsglückte Versuche der Art die Abhandlung weitere Auskunft giebt. — Wenn es gelänge, eine hinlänglich empfindliche Torsionswaage mit ganz constanter Schwingungszeit herzustellen, so würde die Lösung des Problems auf diese Weise nicht ohne Interesse seyn.

Endlich habe ich die Drehwaage zu diamagnetischen Versuchen angewendet. Da diese indessen theils früher veröffentlicht wurden, theils, in so weit sie die verschiedene Abstofsung von Bergkrystall und Kalkspath in der Richtung der Krystallaxe und senkrecht darauf betreffen, von Hrn. Tyndall (diese Ann. Bd. 83, S. 384) mit entschiedenerem Erfolge ausgeführt worden sind, so enthalte ich mich hier einer weiteren Besprechung derselben.

III. *Ueber die Schätzung der Gröfse und der Entfernung der Gesichtsobjecte aus der Convergenz der Augenaxen; von Prof. Hermann Meyer in Zürich.*

Bereits im Jahre 1842 [1]) habe ich eine Beobachtung bekannt gemacht, welche sehr geeignet ist, zu beweisen, dafs wir das Bewufstseyn von dem Grade der Convergenz unserer Augenaxen oder vielmehr von der Thätigkeit der diese Convergenz bestimmenden *musculi recti interni oculi* als ein wesentliches Moment in unser Urtheil über die Gröfse und Entfernung der äufseren Gegenstände aufzunehmen pflegen.

Ich habe nämlich damals durch einen Versuch nachgewiesen, dafs wir bei gleicher Gröfse der Netzhautbilder

1) Ueber einige Täuschungen in der Entfernung und Gröfse der Gesichtsobjecte. — Archiv von Roser und Wunderlich. Band I. 1842.

einen kleinen näheren Gegenstand zu sehen glauben, wenn wir die Augen in sehr convergenter Stellung halten, dagegen einen gröfseren und ferneren, wenn die Augen weniger convergent stehen. Der bezeichnete Versuch wird so angestellt, dafs man einen mit congruenten Figuren bedeckten Papierbogen in bequeme Sehweite hält und dann entweder durch nähere oder durch fernere Fixirung Doppelbilder der einzelnen Figuren erzeugt. In dem Augenblicke, in welchem die Doppelbilder benachbarter Figuren sich decken, tritt dann die Erscheinung ein, dafs der Bogen und seine Figuren näher und kleiner oder ferner und gröfser erscheinen. Für die genauere Beschreibung des Versuches und Anwendung desselben zur Erklärung einiger pathologischen Fälle mufs ich auf den Aufsatz selbst verweisen [1]).

Dieser Versuch ist aber sehr schwierig anzustellen und Vielen will er gar nicht gelingen, weil eine sehr grofse Uebung in der Bewegung der Augen zu seiner Ausführung gehört. Sehr viel leichter kann derselbe Satz mit Hülfe des Stereoskopes gewonnen und dazu mit gröfserer Schärfe bewiesen werden.

Ehe ich jedoch den Versuch beschreiben kann, mufs ich die besondere Einrichtung angeben, welche ich an meinem Stereoskope für die Beobachtung und Berechnung dieses und des folgenden Versuches getroffen habe.

Die beiden Spiegel stehen rechtwinklich gegen einander, und sind ihrer ganzen Fläche nach frei, d. h. durch nichts bedeckt. Ein Stirnausschnitt in dem oberen Brette sichert für jeden Versuch möglichst dieselbe Lage des Kopfes und somit der Augen. Die hintere Wand des Kastens zwischen den Spiegeln und den Seitenbrettern fehlt. Die Seitenbretter sind nach beiden Seiten hin ziemlich lang und sind mit zwei Scalen bezeichnet, deren ein-

1) Der gleiche Versuch ist seitdem noch einmal von Brewster beschrieben worden. Vgl. *Phil. mag. XXX., p.* 366. *D. Brewster on the Knowledge of distance given by binocular vision*, und Berliner physikalischer Jahresbericht. Band III. S. 188.

zelne Glieder einen Centimeter grofs sind; beide Reihen begegnen sich in der Mitte der Länge des Brettes in einem Nullpunkte und gehen von diesem auseinander laufend die eine mit ihren höheren Nummern gegen den Beobachter zu, die andere mit ihren höheren Nummern von dem Beobachter weg. Erstere Reihe nenne ich die *Minus-Reihe*, letztere die *Plus-Reihe*. Als Nullpunkt ist derjenige Punkt bezeichnet, dessen in das Auge derselben Seite reflectirter Strahl den Spiegel unter einem Winkel von 45° trifft, so dafs also die Strahlen beider Nullpunkte nach ihrer Reflexion in symmetrischem Parallelismus in beide Augen fallen. Den Berechnungen an diesem Instrumente legte ich folgende Maafse als gegeben zu Grunde:

Entfernung der optischen Mittelpunkte [1]) beider Augen 50 Mllm.

Halbmesser des Auges 15 Mllm.

Entfernung des optischen Mittelpunktes eines Auges von dem Mittelpunkte seiner Seite nach der Länge des gebrochenen Strahls gemessen 240 Mllm. (Nämlich von dem optischen Mittelpunkte des Auges bis zum Spiegel 85 Mllm., und von dem Spiegel bis zum Nullpunkt 155 Mllm.)

Mit diesen Voraussetzungen war es nicht schwierig zu berechnen:

die Länge des gebrochenen Strahles eines jeden Eintheilungspunktes,

die Winkel, unter welchen die reflectirten Strahlen sich in dem optischen Mittelpunkte des Auges kreuzen,

die Gröfse des Netzhautbildes eines jeden Centimeters der Reihen.

Auf diese Grundlagen konnten sodann die in dem Folgenden angeführten Rechnungen gestützt werden.

An

---

1) Die Annahme einer kugeligen Gestalt des Augapfels und eines mit dem Mittelpunkte desselben zusammenfallenden Drehpunktes, der zugleich optischer Mittelpunkt ist, gewähren für diesen Versuch, so wie für den folgenden, hinlängliche Genauigkeit.

An dem so eingerichteten Stereoskope wird nun der Versuch in folgender Weise angestellt: Man steckt zwei congruente oder auch stereoskopisch gezeichnete Figuren in die Seitenbretter möglichst nahe dem Nullpunkte hin. Hat man dann das einfache Bild von beiden Figuren gewonnen, dann läfst man diese langsam verschieben, so dafs sie auf höhere Nummern der Minus-Reihen zu stehen kommen. Während diefs geschieht, bemerkt man sodann eine *sehr bedeutende* Verkleinerung und Näherung des Bildes. Läfst man dann die Figuren wieder gegen den Nullpunkt hinschieben, so wird das Bild ebenso rasch wieder bedeutend gröfser und ferner gerückt. Die Verkleinerung und Näherung des Bildes fällt also auch hier mit der stärkeren Convergenz der Augenaxen zusammen und die Vergröfserung und Entfernung mit der geringeren Convergenz derselben. Es ist sehr zu bedauern, dafs es kein Mittel giebt, diese scheinbaren Verschiedenheiten in Gröfse und Entfernung mit Zahlen zu bestimmen; der Versuch würde dadurch sehr an Schärfe gewinnen.

Wenn wir nach der Erklärung dieser Erscheinung forschen, so mufs gewifs, ehe wir uns auf das Gebiet der psychischen Mitwirkung zurückziehen, die Möglichkeit abgeschnitten seyn, dafs irgend eine materielle Ursache der Grund derselben sey. Eine Aussicht auf eine Erklärung aus materiellen Verhältnissen giebt nun aber die mit dem Zurückziehen der Figuren verbundene Verkleinerung ihres Netzhautbildes. Es ist deshalb zu untersuchen, ob diese Verkleinerung der in dem Versuche beobachteten Verkleinerung entspreche. Die Berechnung der Gröfse des Netzhautbildes für einen jeden Centimeter der Minusreihe giebt aber folgende Werthe:

für Centimeter	I	(zwischen 0 und 1)	 0,6250	Mllm.
» »	II	(zwischen 1 und 2)	 0,6223	»
» »	III	(zwischen 2 und 3)	 0,6179	»
» »	IV	(zwischen 3 und 4)	 0,6117	»
» »	V	(zwischen 4 und 5)	 0,6035	»
» »	VI	(zwischen 5 und 6)	 0,5936	»
» »	VII	(zwischen 6 und 7)	 0,5821	»
» »	VIII	(zwischen 7 und 8)	 0,5692	»

Der Gröfsenunterschied des Netzhautbildes des Centimeters I und des Centimeters VIII beträgt demnach 0,0558 Mllm. d. i. ungefähr $\frac{1}{11}$ von der Gröfse des Netzhautbildes des Centimeters I. Eine Figur von 1 Centimeter Gröfse müfste demnach durch Veränderung ihres Netzhautbildes um $\frac{1}{11}$ scheinbar kleiner werden, wenn sie aus dem Centimeter I in das Centimeter VIII des Seitenbrettes gerückt wird. Eine solche Gröfsenveränderung ist aber kaum bemerklich, während die in dem Versuche hervortretende Gröfsenveränderung sehr bedeutend ist.

Die Veränderung der Gröfse des Netzhautbildes kann deshalb nicht als Ursache der scheinbaren Gröfsenveränderung des Bildes angesehen werden.

Eine Gröfsenveränderung des Netzhautbildes eines Gegenstandes kann aber nicht nur auf eine Veränderung in der Gröfse desselben hinweisen, sondern auch auf eine Veränderung in der Entfernung desselben. Haben wir vorher den ersteren Punkt berücksichtigt und uns die Entfernung des Bildes als die gleiche gedacht, so haben wir jetzt uns die Gröfse des Bildes als die gleiche zu denken und zu untersuchen, ob die in diesem Falle durch die Berechnung sich herausstellenden scheinbaren Unterschiede in der Entfernung mit den Beobachtungen in dem Versuche übereinstimmen. Berechnen wir nun, in welcher geraden Entfernung vor dem einzelnen Auge ein Gegenstand von 1 Centimeter Gröfse gelegen seyn müfste, um ein so grofses Netzhautbild zu geben, wie die einzelnen Centimeter der Reihe, so finden wir folgende Werthe, um ein so grofses Netzhautbild zu geben wie

Centimeter						
Centimeter I	mufs der Gegenstand	entfernt	seyn	240,00	Mllm.
»	II	»	»	»	241,03	»
»	III	»	»	»	242,71	»
»	IV	»	»	»	245,20	»
»	V	»	»	»	248,53	»
»	VI	»	»	»	252,70	»
»	VII	»	»	»	257,70	»
»	VIII	»	»	»	263,52	»

Nach diesem müfste demnach, wenn die Gröfse des Netzhautbildes die Schätzung der Entfernung bestimmen würde, ein Gegenstand von 1 Centimeter Gröfse, in das Centimeter I gestellt, 240 Mllm. weit erscheinen, in das Centimeter VIII gestellt aber 263,52 Mllm. d. h. er würde um ungefähr den zehnten Theil *weiter* weggerückt erscheinen. Dieser Unterschied in der scheinbaren Entfernung stimmt aber nicht mit dem in dem Versuche wahrzunehmenden Unterschiede, und aufserdem erscheint auch in dem Versuche das Bild des Gegenstandes, wenn die Figuren in dem Centimeter VIII stehen, viel *näher* gerückt.

Aus dieser doppelten Ursache kann *die Verschiedenheit der Gröfse des Netzhautbildes auch nicht Ursache der scheinbaren Verschiedenheiten in den Entfernungen der Bilder seyn.*

In den eben gegebenen Beweisführungen ist das eine Mal die scheinbare Entfernung, und das andere Mal die scheinbare Gröfse als gleich-bleibend gedacht worden, und dennoch fanden wir die Differenzen, welche sich durch die Rechnung herausstellten, viel zu klein, als dafs sie mit der Beobachtung stimmen könnten. Es ist nicht zu übersehen, dafs die Kleinheit der Differenzen noch mehr hervortreten mufs, wenn wir Gröfse *und* Entfernung variabel denken, indem die Gröfse des Netzhautbildes eine Function beider ist. Es ist jedoch nicht nöthig dieses hier weiter auszuführen, indem in dem Vorhergehenden schon zur Genüge der Beweis enthalten ist, dafs das angegebene materielle Moment nicht der Grund der in dem Versuche bemerkbaren Erscheinung ist. Es bleibt uns also nichts übrig als zu prüfen, ob die Rechnungen, welche wir anstellen in

der Voraussetzung, dafs jene aus den psychischen Momenten in der Sinnesanschauung hergenommene Erklärung die richtige sey, mit der Erfahrung übereinstimmen.

Nach dieser Voraussetzung setzen wir das Bild des Gegenstandes an die Stelle, auf welches beide Augenaxen in ihrer Convergenz sich gegenseitig durchschneiden. Es ist also zuerst durch die Rechnung zu untersuchen, welches die Entfernung dieses Convergenzpunktes bei der Fixirung der Spiegelbilder von den einzelnen Punkten der Minusreihe sey. Dafür stellen sich nun folgende Werthe heraus: Für die Convergenz auf die Spiegelbilder der Punkte

	Entfernung des Convergenzpunktes der Augenaxen von dem optischen Mittelpunkte des einzelnen Auges.	von der Mitte der Verbindungslinie der optischen Mittelpunkte beider Augen.
0	∞	∞
1	600,538 Mllm.	600,043 Mllm.
2	301,179 »	300,286 »
3	201,682 »	200,133 »
4	152,175 »	150,107 »
5	122,666 »	120,092 »
6	103,155 »	100,081 »
7	89,366 »	85,784 »
8	80,966 »	75,068 »

Untersuchen wir nun zugleich, wie grofs ein Gegenstand, an den eben angebenen Convergenzpunkten gelegen, seyn müfste, um ein Netzhautbild zu geben, welches gleich ist dem Netzhautbilde der bei der jeweiligen Fixirung neben dem Axenpunkte der Augen liegenden Centimeter der Reihe, so finden wir zuerst, dafs bis in die zweite Decimale kein Unterschied gefunden wird zwischen den anzunehmenden Gröfsen der beiden Theilräume, welche rechts und links von der Axe bei der jeweiligen Fixirung zu liegen kommen; nur für den Theilraum 0 bis 1 beträgt der Unterschied 0,02 Mllm. Wir können deshalb ohne Fehler

nur den einen der beiden neben dem fixirten Punkte liegenden Theilräume berücksichtigen und erhalten dadurch den richtigen Maafsstab für die Bestimmung der der scheinbaren Entfernung des Gegenstandes entsprechenden Gröfse desselben. Bei der Fixirung der Spiegelbilder folgender einzelner Punkte mufs aber ein Gegenstand, in dem alsdann gegebenen Convergenzpunkte der Augenaxen gelegen, folgende Gröfse haben, damit sein Netzhautbild gleich ist dem Netzhautbilde eines der beiden neben dem fixirten Punkte liegenden Centimeter der Reihe:

Fixirungspunkt.	Gröfse des Gegenstandes.
1	25,00 Mllm.
2	12,49 »
3	8,33 »
4	6,25 »
5	5,00 »
6	4,17 »
7	3,57 »
8	3,20 »

Wollen wir nun aus diesen beiden Tabellen Schlüsse für unseren Satz ziehen, so werden wir uns nicht verhehlen dürfen, dafs wir die für die Fixirung auf den Punkt 1 gewonnenen Werthe nicht mit in Berücksichtigung ziehen dürfen, weil bei derselben die Richtung der einzelnen Augenaxe nur um 2° 23',15 von dem symmetrischen Parallelismus abweicht und bei einer so bedeutenden Annäherung an denselben unser Urtheil nothwendig sehr unsicher werden mufs. Wir wollen deshalb nur die Fixirungen auf die Punkte 2 und 8 unter einander vergleichen; und da finden wir denn, dafs das Bild einer Figur, welche auf dem Theilpunkte 2 steht, 300,286 Mllm. weit erscheinen mufs, wenn wir das Bild wirklich an den Convergenzpunkt der Augenaxen versetzen, während das Bild derselben Figur, wenn sie auf dem Theilpunkte 8 steht, nur 75,068 Mllm. weit erscheint. Bei der Verschiebung der Figur von dem Punkte 2 auf den Punkt 8 mufs sich demnach das Bild derselben scheinbar um $\frac{3}{4}$ seiner ursprünglichen

Entfernung *nähern*. Bei dieser Näherung mufs aber auch seine scheinbare Gröfse *abnehmen* von 12,49 Mllm. auf 3,20 Mllm. d. h. um ungefähr $\frac{3}{4}$ seiner ursprünglichen Gröfse.

Vergleichen wir nun diese Resultate mit den Resultaten des Versuches, so finden wir eine merkwürdige Uebereinstimmmung, denn die scheinbaren Gröfsen- und Entfernungs-Differenzen schwanken *wenigstens* um das Vierfache des bei der Fixirung auf 8 sichtbaren Bildes. Leider müssen wir uns mit dieser Schätzung begnügen, denn den Grad der Täuschung können wir nicht in bestimmten Zahlen aussprechen. Aber es genügt doch diese Uebereinstimmung, unseren Satz vollständig zu beweisen, und wir haben somit an diesem Versuch ein leichtes Mittel mit möglichster Schärfe den Einflufs zu beweisen, welchen das Bewufstseyn von der Convergenz unserer Augenaxen (d. h. von der Thätigkeit der *musculi recti interni oculi*) auf die Schätzung der Entfernung und der Gröfse der Gesichtsobjective äufsert.

In der Figur 1 Taf. II. habe ich die Einrichtung des Stereoskopes und die Constructionen dargestellt, welche den Berechnungen zu Grunde gelegt wurden. Dafs die relativen Gröfsen- und Entfernungsverhältnisse der Augen, der Spiegel und der Seitenbretter, sowie die relative Gröfse der Reihenglieder an den Seitenbrettern nicht die richtigen sind, ändert an den Principien der Construction nichts. Ich mufste mir diese kleine Unrichtigkeit erlauben, um nicht eine zu grofse Zeichnung machen zu müssen.

In der Figur stellen aber dar:

A und *A* — die beiden Augen,

ab und *ae* — die beiden Spiegel,

cd — das Seitenbrett mit seiner doppelten Scale.

Das der Minus-Reihe entsprechende Strahlenbündel ist für die einzelnen Punkte ausgezeichnet; die in den Spiegel einfallenden Strahlen sind bis zu ihrem Vereinigungspunkt hinter dem Spiegel fortgesetzt; und die aus dem Spiegel

ausfallenden Strahlen bis zu den Convergenzpunkten, welche dann immer mit der Zahl des entsprechenden Punktes des Seitenbrettes gezeichnet sind. Die an den Convergenzpunkten gelegenen queren Linien bezeichnen die gedachte Gröſse der an denselben gedachten Gegenstände.

Aus dieser Construction ist die Methode der einzelnen Berechnungen aus den gegebenen Voraussetzungen leicht zu erkennen.

IV. *Zur Lehre von der Synergie der Augenmuskeln; von Prof. Hermann Meyer in Zürich.*

Es ist eine bekannte Thatsache, daſs der *musculus rectus externus oculi* zwar einen sehr groſsen Bewegungsbezirk hat, daſs aber dieser Muskel eines einzelnen Auges seine Thätigkeit nicht ganz unabhängig entfalten kann, indem er theilweise an die Mitwirkung des gleichnamigen Muskels der anderen Seite, theilweise an diejenigen des *m. rectus internus oculi* der anderen Seite gewiesen ist. Das Auffallendste hierbei ist das Zusammenwirken mit dem *m. rectus internus oculi* der anderen Seite. Um den Einfluſs dieses Muskels auf den *m. rectus externus* kennen zu lernen, ist es nothwendig zu untersuchen, wie stark die beiden *m. recti externi* zusammenwirken können, und ob diese Zusammenwirkung in verschiedenen Schiefstellungen der beiden Augen einer Verschiedenheit unterworfen sey.

Ich stellte Versuche, welche über diese Punkte Belehrung geben sollten, an dem in dem vorigen Aufsatze beschriebenen Stereoskope an, indem ich in verschiedenen Stellungen der Augenaxen die mögliche Divergenz derselben auf folgende Weise untersuchte. Ich stellte ein mit einer senkrechten Linie bezeichnetes Papierblatt so, daſs die Linie gerade auf einen Theilpunkt der Plus-Reihe fiel, und schob dann auf dem anderen Seitenbrette in der Mi-

nus-Reihe eine gleiche Linie gegen den Nullpunkt und die Plus-Reihe hin bis das einfache Bild beider anfing sich zu spalten. Auf solche Weise fixirte ich zuerst die rechte und dann die linke Augenaxe auf einzelne Punkte der Plus-Reihe und fand die mögliche Divergenz durch die Bewegung des anderen Auges. In welcher Winkelstellung alsdann die beiden Augenaxen waren, war aus der bekannten Einrichtung des Stereoskopes nicht schwierig zu berechnen. Ich fand darüber nun folgendes:

Stellung der rechten Augenaxe auf:	Erreichbare divergenteste Stellung der linken Augenaxe auf:	Abweichung von dem symmetrischen Parallelismus der rechten Augenaxe:	Abweichung von dem symmetrischen Parallelismus der linken Augenaxe:	Divergenz der beiden Augenaxen.
+ 6	— 1,6	+ 14° 2′	— 3° 47′	10° 15′
+ 5	— 0,6	+ 11° 46′	— 1° 24′	10° 22′
+ 4	+ 0,3	+ 9° 27′	+ 0° 42′	10° 9′
+ 3	+ 1,3	+ 7° 7′	+ 3° 5′	10° 12′
+ 2	+ 2,2	+ 4° 46′	+ 5° 14′	10° —
der linken auf:	der rechten auf:	der linken:	der rechten:	
+ 6	— 1,5	+ 14° 2′	— 3° 34′	10° 28′
+ 5	— 0,3	+ 11° 46′	— 0° 42′	11° 4′
+ 4	+ 0,8	+ 9° 27′	+ 1° 52′	11° 10′
+ 3	+ 1,6	+ 7° 7′	+ 3° 47′	10° 54′
+ 2	+ 2,6	+ 4° 46′	+ 6° 10′	10° 56′.

Das + Zeichen vor der Winkelangabe bedeutet Abweichung nach aufsen, das — Zeichen dagegen Abweichung nach innen von dem symmetrischen Parallelismus der Augenaxen.

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, dafs der Grad der möglichen Divergenz bei verschiedenen Stellungen der Augenaxen, somit also der Grad des möglichen Zusammenwirkens beider *m. recti externi*, in verschiedenen Stellungen der Augenaxen, als *nicht verschieden* anzusehen ist, denn die Schwankungen in den Divergenzwinkeln sind zu unbedeutend und zu unregelmäfsig, als dafs dieselben sich

nicht aus den unvermeidlichen nicht unbeträchtlichen Fehlerquellen des Versuches erklären liefsen.

Auffallend mufs es nur erscheinen, dafs die Werthe der Divergenz bei bewegtem rechtem Auge durchgehend höher sind, als bei bewegtem linkem Auge. Soll dieses auf eine individuelle unabhängigere Thätigkeitsbefähigung des rechten *m. rectus externus* hinweisen? und liegt nicht vielleicht gerade in der Möglichkeit des Vorhandenseyns eines solchen ein Hinweis darauf, dafs die Beschränkung der Synergie beider *m. recti externi* ihren Grund in mangelhafter Uebung des Zusammenwirkens finde?

V. *Beobachtungen über die galvanische Polarisation von E. Edlund aus Upsala.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus: »*Öfversigt af Kongl. Vetenskaps Akademiens Förhandlingar*« 1851 *No.* 1.)

Es ist bekannt, dafs, wenn ein galvanischer Strom durch eine Flüssigkeit hindurchgeht, die dadurch entstehende Polarisation nicht augenblicklich ihren gröfsten Werth erreicht, sondern dafs dazu, nach den verschiedenen Umständen, die hierauf Einflufs haben können, eine längere oder kürzere Zeit nöthig ist. Die Gröfse der Polarisation nimmt also mit der Zeit zu, während der Strom eingewirkt hat. Es ist jedoch schon mehrfach durch Versuche an den Tag gelegt, dafs die galvanische Polarisation einen nicht unbedeutenden Werth erreichen kann, wenn auch der Strom, wodurch die Polarisation hervorgerufen wird, von einer sehr kurzen Dauer ist. Diese Versuche sind alle so angestellt worden, dafs die Polariation erst gemessen worden ist, nachdem der polarisirende Strom schon aufgehört hat. Da nun die Polarisation nach dem Aufhören des Stromes plötzlich abnimmt, so kann man wohl auf diese Weise keine wahre Vorstellung von der Gröfse der Pola-

risation während der kurzen Einwirkung des polarisirenden Stromes erhalten. Bei einigen über diesen Gegenstand ausgeführten Versuchen habe ich Gelegenheit gehabt, die Polarisation unter der momentanen Einwirkung des polarisirenden Stroms zu messen, und da die erhaltenen Resultate für die Kenntnifs der Polarisation von einigem Interesse seyn können, werde ich dieselben hier mittheilen.

Bei diesen Untersuchungen wurde ein Magnetometer benutzt, dessen Magnetnadel aus einem dicken Stahlstab besteht, der an einem langen Seidenfaden aufgehängt und mit einem Spiegel fest verbunden ist, wodurch die Bewegungen des Magnetstabes mittelst eines in einigem Abstande aufgestellten Fernrohrs mit Scale beobachtet werden können. Der Magnetstab ist von einer dicken Kupferhülse umgeben, welche eine so starke Dämpfung verursacht, dafs wenn der Magnetstab in Bewegung gesetzt wird, derselbe nach einigen Schwingungen wieder in Ruhe kommt. Auf diese Hülse sind drei Lagen von übersponnenem Kupferdrahte aufgewunden und der Magnetstab mit dem Spiegel ist sorgfältig vor Luftströmungen geschützt.

Wenn man in den gedachten Drahtwindungen einen galvanischen Strom von so kurzer Dauer circuliren läfst, dafs die Einwirkung auf den Magnetstab als ein Stofs betrachtet werden kann, so werden die dadurch verursachten Ausschläge sowohl von der Intensität des galvanischen Stromes, als auch von der Dauer desselben abhängig seyn. Wenn man also auf diese Weise zwei verschiedene Stromstärken mit einander vergleichen will, so mufs man dafür sorgen, dafs die gedachte Zeit genau gleich lang wird. Anstatt durch eine mechanische Vorrichtung dieser Forderung Genüge zu leisten, habe ich vorgezogen, die Versuche auf folgende Weise anzustellen.

Bekanntlich ist die Elektricitätsmenge, die durch eine Variation in einem galvanischen Strom in einem nahe liegenden geschlossenen Leitung inducirt wird, dieser Variation proportional, aber unabhängig von der Zeit, in der diese Variation geschieht. Wenn man also schliefst oder

öffnet einen galvanischen Strom von unverändeter Stärke, so wird die Einwirkung auf den Magnet von dem in einer nahe liegenden Leitung entstehenden Inductionsstrome immer die nämliche, wenn man bloſs das Schlieſsen oder Oeffnen des Hauptstroms mit einer solchen Geschwindigkeit ausführt, daſs die Einwirkung der Elektricitätsmenge als ein Stoſs betrachtet werden kann. Damit die durch die Wirkung des Inductionsstroms verursachten Ausschläge des Magnetstabs als ein Maaſs des Hauptstromes angesehen werden können, braucht man also nicht dafür zu sorgen, daſs die Zeit, in welcher das Oeffnen oder Schlieſsen des Hauptstroms geschieht, bei den zu vergleichenden Versuchen genau dieselbe sey, sondern nur, daſs sie eine gewisse Gränze nicht übersteige, welches sehr leicht zu erreichen ist. Dieſs ist die Methode, die bei den folgenden Versuchen angewandt worden ist. Da nun bei diesen Versuchen der polarisirende Strom bloſs einen Augenblick geschlossen ist, und da beim Oeffnen ein Inductionsstrom im Nebendrahte entsteht, der mit dem beim Schlieſsen entstehenden von entgegengesetzter Richtung ist, so darf bloſs der eine dieser Inductionsströme auf den Magnetstab einwirken, weil im entgegengesetzten Falle die zwei Stromwirkungen einander aufheben würden. Dieſs ward durch folgende einfache Vorrichtung bewirkt.

In der Mitte eines viereckigen Holzbrettes (Fig. 2 Taf. II.) befindet sich eine drehbare Metallaxe *a*, an welcher ein Metallzeiger *b* festgelöthet ist. In diesem Metallzeiger sind drei Metallfedern *d*, *e*, *f* eingeschraubt, welche bei der Rotation des Metallzeigers, die im Holzbrette eingelassenen Metallscheibchen *g*, *h*, *i*, die von einander isolirt sind, genau berühren. Die Enden *h* und *i* liegen auf denselben geraden Linien, die von dem Mittelpunkte der drehbaren Axe ausgehen. Das eine Ende des Metallscheibchens *g* liegt innerhalb, das andere auſserhalb der Enden von den zwei übrigen Metallscheibchen *h* und *i*; *k*, *l*, *m* und *n* sind vier kleine Metallstifte, von welchen *k* mit *h*, *l* mit *i* und *m* mit *g* auf der unteren Seite des Brettes metallisch

verbunden sind. Auf dieselbe Weise steht auch *n* mit der Metallaxe *a* in Verbindung. In den Stiften *k* und *l* werden die Enden der Leitungsdrähte für die Inductionsströme und in *m* und *n* die Enden des Drahtes, wodurch der Hauptstrom geleitet wird, eingeschraubt. Um einen Inductionsstrom hervorzubringen, sind die beiden übersponnenen Leitungsdrähte auf einer Rolle in mehren Windungen parallel mit einander aufgewickelt. Die Leitungsbahn des Inductionsstroms wird mit den Windungen des Magnetometers verbunden.

Wenn der Metallzeiger in der Richtung des Pfeilers herumgeführt wird, so wird die Leitungsbahn des Inductionsstroms geschlossen, sobald die Metallfedern *e* und *f* die Metallscheibchen *h* und *i* berühren, wogegen der Hauptstrom offen bleibt, bis die Enden der genannten Metallfedern an die Mitte von *i* und *h* kommen; aber in diesem Augenblicke kommt *d* in Berührung mit *g* und der Hauptstrom fängt an zu circuliren. In dem anderen Leitungsdrahte entsteht dadurch ein Inductionsstrom, der die Windungen des Magnetometers durchläuft und einen Ausschlag des Magnetstabes verursacht. Sobald die Metallfeder *d* an die Mitte von *g* gekommen ist, wird die Inductionsbahn geöffnet, weil *e* und *f* in diesem Augenblicke aufhören *h* und *i* zu berühren. Beim Oeffnen des Hauptstromes kann also kein Inductionsstrom gebildet werden. Der Metallzeiger wurde mit der Hand herumgeführt, so dafs die Winkelgeschwindigkeit ungefähr 180° in der Sekunde ausmachte, und bei allen Versuchen, so weit es möglich, gleich grofs war. Die Länge des Metallscheibchens *g* war so grofs, dafs die beiden Leitungsbahnen bei der angegebenen Winkelgeschwindigkeit während $\frac{1}{50}$ Sek. gemeinschaftlich geschlossen waren. Obgleich die beiden Strombahnen mittelst des Metallzeigers mit einander in Verbindung stehen, so bleiben doch der Inductions- und Hauptstrom immer von einander getrennt, weil die Bahnen blofs auf einer einzigen Stelle einander berühren. Diefs wurde übrigens durch Versuche bestätigt.

Da bei allen Versuchen die Anschlagswinkel nicht $\frac{1}{3}$ Grad überstiegen, konnte man statt Sinus und Tangente die Bögen setzen, und da überdiefs die Oscillationszeit für so kleine Winkel als constant betrachtet werden kann, so brauchte keine Correction für die Dämpfung angebracht zu werden, welche von der Oscillationszeit abhängig ist. Die Ausschlagswinkel oder die entsprechende Anzahl Scalentheile, welche mit dem Fernrohre beobachtet wurden, waren also den Stromstärken proportional. Diefs wurde übrigens dadurch bestätigt, dafs, wenn das Verhältnifs zwischen verschiedenen Stromstärken bestimmt wurde, die erhaltenen Resultate die nämlichen waren, man mochte die angeführte Methode oder eine gute Sinus-Bussole bei der Bestimmung anwenden.

Als Elektromotor wurden drei Daniell'sche Elemente angewandt. Nachdem die beschriebene Vorrichtung auf gehörige Weise mit den Strombahnen vereinigt worden war, so wurde die elektromotorische Kraft der Kette dadurch bestimmt, dafs der Metallzeiger herumgeführt und der von dem Inductionsstrom verursachte Ausschlag bestimmt wurde. Darnach wurde ein Leitungswiderstand, der bei allen Versuchen unverändert blieb, in die Leitungsbahn des Hauptstroms eingeschaltet, und der Ausschlag des Magnetstabes auf dieselbe Weise wie früher beobachtet. Bezeichnet man den Ausschlag bei dem geringeren Widerstande mit a, bei dem gröfseren mit a', und den eingeschalteten Widerstand mit l, so wird bekanntlich die elektromotorische Kraft $(k) = \frac{aa'}{a-a'} \cdot l$.

Darauf wurde das Polarisationsgefäfs in die Leitung des Hauptstroms eingeschaltet, und die elektromotorische Kraft der Kette, weniger die Polarisation, auf dieselbe Weise bestimmt, wie früher die der Kette allein. Schliefslich wurde die elektromotorische Kraft der Kette noch einmal gemessen, und von der ersten und letzten Bestimmung das Medium genommen. Vor jeder Bestimmung der Polarisation wurden die Polarisationsplatten in Hinsicht ih-

rer Homogenität untersucht. Oft war es fast unmöglich dieselben vollkommen homogen zu machen; doch war immer die hierdurch entstehende elektromotorische Kraft zu schwach, um durch Induction einen Ausschlag des Magnetstabes hervorzubringen. Die Verminderung der elektromotorischen Kraft, welche, während das Polarisationsgefäfs in die Leitung eingeschlossen war, betrachtet wurde, rührt also von dem Durchgange des galvanischen Stromes her. Wir wollen nun den ersten Versuch vollständig beschreiben und darnach die Resultate der übrigen mittheilen.

Bestimmung der elektromotorischen Kraft der Kette.

Der Ausschlag des Magnetstabes bei dem geringeren Widerstande.	Ausschlag, wenn der Widerstand l eingeschlossen war.
a.	a'.
16,4	10,4
15,9	10,6
16,4	10,4
16,6	10,4
Medium 16,3.	Medium 10,45.

Hieraus wird die elektromotorische Kraft $= 29,1$.

Bestimmung der elektromotorischen Kraft, wenn ein Gefäfs mit verdünnter Schwefelsäure, worin zwei polirte Platinplatten eingestellt waren, in die Leitungsbahn eingeschlossen war.

a'.	a.	a'.
7,5	9,9	6,9
7,0	9,9	6,5
7,0	9,9	6,9
7,5	10,0	6,8
7,3	Medium 9,92.	Medium 6,77.
Medium 7,26.		

Man sieht hieraus, dafs die auf einander folgenden Zahlen mit derselben Genauigkeit mit einander übereinstimmen, wie diejenigen, die erhalten werden, wenn kein Polarisationsgefäfs in die Leitung eingeschlossen ist. Diefs beweist, dafs die Polarisation, die sich während $\frac{1}{30}$ Sek. ent-

wickelt, in der Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Beobachtungen ganz verschwindet. Diese Zeit betrug gewöhnlich etwas mehr als eine Minute. Wenn die Polarisation in dieser Zwischenzeit nicht verschwände, so müfste jede folgende Zahl etwas kleiner als die vorhergehende werden. Da nun diefs nicht der Fall ist, so kann auch hier, um sichere Resultate zu erhalten, das Medium aus mehren Beobachtungen genommen werden. Die elektromotorische Kraft der Kette, minus die der Polarisation, wird also = 23,9.

Bestimmung der elektromotorischen Kraft der Kette.

	a.		*a'.*
	17,0		11,0
	17,2		10,5
	16,5		10,8
	16,1		10,5
Medium	16,7.	Medium	10,7.

Hieraus wird die elektromotorische Kraft der Kette = 29,8.

Nimmt man das Medium aus der ersten und letzten Bestimmung, so erhält man 29,5, welcher Werth die elektromotorische Kraft während des Versuchs ausdrückt. Wird 23,9 von 29,5 subtrahirt und $\frac{29,5}{3}$ in den Rest dividirt, so wird die Polarisation durch die elektromotorische Kraft eines Elementes der Daniell'schen Kette, als Einheit genommen, ausgedrückt. Nennt man die Polarisation p, und die elektromotorische Kraft eines Elementes k, so erhält man

$$p = 0,57\ k.$$

Während $\frac{1}{30}$ Sekunde entwickelt sich also die Polarisation so weit, dafs sie gröfser wird als die halbe elektromotorische Kraft eines Elementes.

Bei den folgenden Combinationen wurden beistehende Zahlenwerthe erhalten:

Verdünnte Schwefelsäure		und Kupfer	$p = 0{,}36\,k$
do.	do.	und Zink	$p = 0{,}24\,k$
do.	Salpetersäure	und blankes Platin	$p = 1{,}41\,k$
do.	do.	und Kupfer	$p = 0{,}62\,k$
Gesättigte Kochsalzlösung		und Zink	$p = 0{,}16\,k$
do.	do.	und Kupfer	$p = 0{,}24\,k$.

Für gesättigte Kochsalzlösung und Platin konnte die Polarisation nicht bestimmt werden, weil die erhaltenen Zahlenwerthe wenig mit einander übereinstimmten.

Hieraus ergiebt sich, dafs die Polarisation auf Kupfer und Zink in verdünnter Schwefelsäure sich zu einander verhalten wie die auf denselben Metallen in einer gesättigten Kochsalzlösung; man hat nämlich $36 : 24 = 24 : 16$. In verdünnter Salpetersäure war die Polarisation auf Platin um mehr als das Doppelte gröfser als die auf Kupfer; wogegen die Polarisation auf Platin in verdünnter Schwefelsäure den doppelten Werth der Polarisation auf Kupfer in derselben Flüssigkeit nicht erreichte. Da die Polarisation des Platins in verdünnter Salpetersäure unerwartet grofs ausfiel, wurde derselbe Versuch mit Salpetersäure von einer andern Concentration wiederholt, aber auch hierbei wurde $p > k$ gefunden. Wahrscheinlich war die Säure in beiden Fällen so weit verdünnt, dafs auch der Wasserstoff polarisirend auftrat.

Professor Svanberg hat gefunden [1]), dafs das Maximum der Polarisation des Platins in verdünnter Schwefelsäure zwischen 2,14 und 2,42 variirt, wenn die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes als Einheit genommen wird. Wenn man annimmt, dafs die elektromotorische Kraft der Ketten bei jener und der jetzigen Untersuchung gleich grofs gewesen ist, so würde also die Polarisation während $\frac{1}{30}$ Sekunde ungefähr ein Viertel von ihrem gröfsten Werth erreichen.

1) Pogg. Ann. Bd. LXXIII, S. 302.

VI.

VI. *Ueber die Diathermasie des Glases bei verschiedener Temperatur; von Ludwig Wilhelmy.*

Durch theoretische Betrachtungen, welche ich in meiner kleinen Schrift »Versuch einer mathemat. physical. Wärmetheorie« näher entwickelt habe, wurde ich zu der Vermuthung geführt, es möge die Durchgängigkeit des Glases für Wärmestrahlen, seine Diathermasie, verschieden seyn für verschiedene Temperaturen desselben. Ich fand nämlich in meinen an der genannten Stelle entwickelten Formeln diese Eigenschaft der Körper abhängig von dem gegenseitigen Abstande der Molecule, und da letzterer durch Erwärmung verändert wird, so mufste, sollten anders jene Formeln richtig abgeleitet seyn, auch die Diathermasie sich als eine Function der Temperatur ergeben.

Bei meinen, auf Prüfung dieser Folgerung aus der Theorie gerichteten Versuchen bediente ich mich eines von Ruhmkorff in Paris angefertigten Apparats, dessen Construction ganz mit der von Melloni in seiner Thermachrose gegebenen Beschreibung übereinstimmt. Um von der Zusammenstellung seiner einzelnen Theile eine nähere Anschauung zu geben, bemerke ich, dafs sich in 1 die

.	.		.	.	.	.	.	.	.	.
S	1		2	3	4	5	6	7	8	9

Wärmequelle befindet, eine Argand'sche Lampe mit Glasschornstein und constantem Oelniveau, in 2 und 3 zwei Doppelschirme, in 4 das Tischchen, auf welches die zu durchstrahlende Platte gestellt wird. Um eine unveränderliche Aufstellung zu erzielen, war auf dem Tischchen eine Bahn abgegränzt, in welcher die Platte mit ihrem Korkfufs genau hinein pafste. In 5 befand sich der Schirm mit einer 8^{mm} langen, 8^{mm} breiten Oeffnung, in 6 ein zweiter Schirm, um den etwaigen Einflufs des durch Mittheilung von der Glasplatte her erwärmten Schirmes 5 zu beseitigen, in 8 die

Thermosäule in 7 und 9 zwei drehbare Metallschirme, in S war ein gröfserer Holzschirm aufgestellt, um die störenden Einwirkungen von der Fensterwand her abzuschneiden. An der Vorderseite der Thermosäule befand sich nur ein parallelepipedischer Ansatz, da bei Anwendung der gröfseren konischen die Ausschläge zu grofs und namentlich mehr störende Einflüsse zu befürchten waren.

Der Multiplicator wurde nach einer bekannten Methode graduirt und zwar fanden sich folgende Werthe von 3° zu 3°, theils direct durch Beobachtung, theils durch Construction einer Curve:

3°	6°	9°	12°	15°	18°	21°	24°	27°	30°
3	6	9,6	13,8	18,3	22,9	27,7	32,8	38,2	44

Die Glasplatte, deren Durchstrahlbarkeit bei verschiedenen Temperaturen bestimmt wurde, hatte eine Dicke von 6,8^{mm}; sie wurde in einem Luftbade — zwei in einander passenden Büchsen von Schwarzblech mit eingeschlossenem Thermometer, in welchen die Luft durch eine untergesetzte Spirituslampe auf den erforderlichen Grad erhitzt wurde — allmälig erwärmt, und, nachdem die gewünschte Temperatur erreicht war, noch 10 bis 15 Minuten in derselben erhalten.

Die angestellten Versuche zerfallen in zwei Abtheilungen, bei denen in verschiedener Weise verfahren wurde. Die erste Versuchsreihe betrachtete ich als eine vorläufige und theile ihre Resultate nur mit, um aus ihrer nahen Uebereinstimmung mit der späteren eine Bestätigung für diese zu entnehmen.

Es wurde nämlich zuerst die Intensität des Thermostromes und also auch die dieser innerhalb der eingeschlossenen Gränzen proportionale Menge der aufgefallenen Wärmestrahlen, durch die Ablenkung der zur Ruhe gekommenen Nadel bestimmt.

Bei diesen Versuchen wurde in folgender Weise verfahren:

Es wurde zunächst die Ablenkung, A', der Nadel abgelesen, welche bei einer während der ganzen Dauer der

Versuche möglichst unverändert bleibenden Intensität und Entfernung der Lampenflamme durch directe Bestrahlung der Thermosäule erfolgte. Nachdem sodann die Glasplatte auf die vorerwähnte Art bis zur erforderlichen Temperatur erwärmt worden, wurde sie schnell auf das Tischchen in 4 vor die Oeffnung im Schirm 5 gestelllt, sodann der Schirm 7 bei Seite gedreht, während 1 und 2 in die Höhe geschlagen blieben. Die abgelesene Ablenkung, a', der Nadel entsprach der von der Platte allein ausgestrahlten Wärme. Dann wurde durch Beseitigung der Schirme 1 und 2 die Einwirkung der Lampenflamme zugelassen und die nun erfolgende Ablenkung, α, der Nadel notirt. Die Schirme 1 und 2 wurden wieder eingeschaltet, nochmals die Ablenkung a'' durch die inzwischen etwas abgekühlte Glasplatte bestimmt, dann aber $\alpha - \frac{a'+a''}{2} = \alpha - a$ als der Ausschlag betrachtet, welchen die durch die Glasplatte bei der Temperatur T des Versuchs hindurchgegangenen Strahlen der Lampenflamme an der Multiplicatornadel bewirkten. Schliefslich wurde die Glasplatte fortgenommen und nochmals die Ablenkung A'' durch den direct einfallenden Strahl bestimmt, aus A' und A'' würde, wenn beide verschieden waren, was gewöhnlich nicht der Fall war, das Mittel A genommen; dann war $D = \frac{\alpha - a}{A} \cdot 100$ die Procentzahl der bei der Temperatur T durch die angewendete Glasplatte hindurch gegangenen Wärmestrahlen und mithin der Ausdruck für die Diathermasie jener Platte.

Vor den Versuchen in höherer Temperatur war die Diathermasie der Platte bei der Temperatur des Zimmers bei constanter Lampenflamme — um immer mit Wärme gleicher Brechbarkeit zu operiren —, aber veränderlichen Abständen der Thermosäule bestimmt, und zwar wurde diese Bestimmung nach jeder einzelnen Versuchsreihe wiederholt, einestheils um nachzuweisen, dafs die Beschaffenheit des Glases durch die vorangegangene Erwärmung nicht dauernd verändert worden, anderseits um sowohl die Genauigkeit und

Zuverlässigkeit meiner Beobachtungen als auch die Richtigkeit der entworfenen Multiplicatorscale zu controliren.

Ich lasse nunmehr die Resultate dieser ersten Abtheilung meiner Versuchsreihe folgen, wobei ich sogleich die reducirten Werthe der Ablenkung mittheilen werde.

Versuchsreihen zur Bestimmung der Diathermasie meiner Glasplatte bei der Temperatur des Zimmers.

A und *α* sind die wahren Werthe der Ablenkungen bei direct einfallendem Strahl und bei eingeschalteter Platte.

Die vorgesetzten römischen Ziffern bezeichnen die Reihenfolge der Versuche.

	A.	*α* beob.	*α* berechn.	Diff.
I.	6°,75	4°,33	4°,29	+ 0,04
bei + 8°.	10 ,6	6 ,5	6 ,73	— 0,23
	14 ,8	9 ,2	9 ,39	— 0,19
	20 ,9	13 ,8	13 ,27	+ 0,53
	28 ,1	17 ,9	17 ,84	+ 0,06
	34 ,6	22 ,1	21 ,97	+ 0,13
III.	4 ,75	2 ,75	3 ,02	— 0,27
bei + 5°.	7 ,35	4 ,5	4 ,67	— 0,17
	11 ,35	7 ,1	7 ,21	— 0,11
	15 ,30	9 ,6	9 ,71	— 0,11
	20 ,15	12 ,4	12 ,79	— 0,39
	26 ,10	16 ,8	16 ,57	+ 0,23
	35	22 ,9	22 ,23	+ 0,67
V.	20 ,1	12 ,7	12 ,76	— 0,06
bei + 5°.	23 ,7	15 ,3	15 ,05	+ 0,25
	33 ,2	20 ,9	21 ,09	— 0,19
VII.	14 ,9	9 ,6	9 ,46	+ 0,14
bei + 7°.	20 ,9	13 ,8	13 ,27	+ 0,53
	26 ,5	17 ,1	16 ,83	+ 0,27

$D = 63{,}5$ Proc. Summe der Differenz + 1,13

Die unter der Rubrik *α* berechn. mitgetheilten Werthe sind aus der Gleichung $\alpha = \frac{A \cdot D}{100}$ gefunden.

Versuchs-Reihen zur Bestimmung der Diathermasie des Glases bei höheren Temperaturen.

A, *a* und *α* haben die im Text angeführte Bedeutung, *T* ist die Temperatur, bis auf welche die Platte erwärmt war.

	T.	*A.*	*a.*	*α.*	*D.*
II.	140°	26°,5	2°	20°,2	68,8 Proc.
	150	22 ,9	1 ,125	17 ,1 [1])	69,8 »
	160	24 ,9	2 ,25	19 ,8	70,5 »
IV.	40	26 ,1	0 ,33	17 ,5	65,7 »
	65	33 ,7	1 ,75	24 ,1	66,3 »
	100	31 ,5	0 ,88	22 ,9	69,9 »
	120	24 ,5	1 ,25	17 ,9	67,9 »
	150	30 ,6	1 ,62	22 ,5	68,2 »
	170	30 ,6	2 ,12	23 ,3	69,2 »
VI	100	16 ,8	0 ,5	11 ,7	66,7 »
	120	22 ,5	2 ,25	17 ,5	67,8 »
	140	19 ,4	1 ,66	14 ,9	68,2 »
	160	18 ,6	1 ,25	14 ,1	69,1 »
VIII.	55	20 ,4	0 ,62	14 ,1	66,1 »
	80	21 ,8	0 ,75	15 ,3	66,8 »
	100	20 ,1	1	14 ,5	67,1 »
	120	20	1 ,25	14 ,9	68,3 »
	140	24 ,5	1 ,5	18 ,3	68,6 »
	180	20 ,5	1 ,75	16 ,4	71,4 »

Nachdem die vorstehend mitgetheilten Versuche eine deutliche Zunahme der Durchstrahlbarkeit des Glases mit seiner Temperatur zu erkennen gegeben hatten, hielt ich es für zweckmäſsig, dieselbe Untersuchung nach einer etwas veränderten Methode anzustellen.

Die Differenzen, um welche es sich hier handelt, sind offenbar nur gering, daher also der Einfluſs der Wärme ausstrahlenden Platte von groſser Erheblichkeit für das Resultat; dieser konnte nun nicht für genügend sicher bestimmt gelten, indem das Mittel seiner Werthe vor und nach dem Versuch für den wahren Werth im Moment der Ablesung genommen wurde. Der erwähnte Uebelstand war aber zu umgehen, wenn man sich damit begnügte im Moment, wo die erhitzte Platte vor die Oeffnung des Schirms gestellt und die drei Schirme 1, 2 und 7 bei Seite gebogen worden, den ersten Ausschlag *E'* der Multiplicatornadel zu beob-

1) Die Säule war etwas entfernt worden.

achten; dann mufste nur einerseits der Ausschlag e bekannt seyn, welchen die auf die Temperatur T erhitzte Platte allein hervorbrachte, anderseits eine Tabelle entworfen werden, wodurch die ersten Ausschläge auf die entsprechenden Ablenkungen der Nadel reducirt werden konnten; letztere waren dann, wie früher, mittelst der Multiplicatorscale auf ihren wahren Werth zu bringen, diese aber in der bekannten Weise zu benutzen zur Bestimmung der Diathermasie, ausgedrückt durch Procente hindurchgelassener Wärmestrahlen. Wurde nämlich das so reducirte e von dem in gleicher Weise umgewandelten E' abgezogen, so entsprach der Rest $\alpha - a$ (unter α und a die reducirten Werthe von E' und e verstanden) der alleinigen Hindurchwirkung der Flamme der Glasplatte. Nannte man ferner A, welches aus dem zugehörigen ersten Ausschlage E durch Rechnung gefunden war, den entsprechenden Werth der Ablenkung durch den direct einfallenden Strahl, so war wieder $D = \frac{\alpha - a}{A} . 100$ das Maafs der Durchstrahlbarkeit der Platte.

Auch bei diesen Versuchen wurde zunächst die Diathermasie des Glases bei der Temperatur des Zimmers (+8°) bestimmt. Sie fand sich im Mittel genau ebenso wie nach der früheren Methode. Sodann suchte man ein Mittel aus 20 und resp. 12 Beobachtungen denselben Werth für Glas von 100° und von 200°; dabei wurde noch, um die Versuche zu modificiren und ihr Resultat dadurch von etwaigen Ungenauigkeiten der Reductionstabellen unabhängiger, überhaupt aber zuverläfsiger zu machen, die Abstände der Thermosäule von Platte und Lampe geändert. Der Ausschlag, welchen die erhitzte Platte allein bewirkte, wurde ebenfalls als Mittel aus mehren Versuchen bestimmt. Um den Einflufs einer etwaigen Veränderlichkeit der Flamme zu beseitigen, wurde abwechselnd der Versuch mit direct einfallendem Strahl, vor oder nach dem anderen, mit eingeschalteter Glasplatte angestellt. Hatte der Ausschlag allmälig um etwa 1° abgenommen, so wurde die Flamme erneut;

gewöhnlich geschah diefs ohnehin nach je drei Versuchen, überhaupt aber wurde darauf gesehen ihre Intensität bei allen Beobachtungsreihen möglichst gleich zu erhalten, um immer mit Strahlen derselben Brechbarkeit zu arbeiten.

Nach diesen Vorbemerkungen lasse ich nun die Beobachtungsresultate selbst folgen:

Versuche zur Bestimmung der Diathermasie des Glases bei verschiedenen Temperaturen.

Nennt man Δ den Abstand der Flamme und Thermosäule, δ den Abstand der Platte und Säule, so war bei Versuchsreihe IX, X und XI $\Delta = 420^{mm}$, $\delta = 185^{mm}$
bei XII, XIII und XIV $\Delta = 385^{mm}$, $\delta = 150^{mm}$.

	A.	*α* beob.	*α* berechn.	Diff.
IX.	19°,37	12°,09	12°,30	— 0,21
T=8°.	19 ,07	11 ,97	12 ,11	— 0,14
	18 ,88	12 ,09	11 ,99	+ 0,10
	19 ,37	11 ,88	12 ,30	— 0,42
	19 ,07	12 ,26	12 ,11	+ 0,15
	19 ,07	12 ,86	12 ,11	+ 0,15
XII.	27 ,01	17 ,50	17 ,15	+ 0,35
T=8°.	26 ,42	17 ,25	16 ,78	+ 0,47
	26 ,74	16 ,62	16 ,98	— 0,36
	25 ,83	16 ,62	16 ,50	+ 0,12
	25 ,24	16 ,40	16 ,03	+ 0,37
	24 ,66	15 ,09	15 ,66	— 0,57

D = 63,5 Proc. Summe der Differenzen + 0,01.

	A.	(*α*—*a*) beob	(*α*—*a*) ber.	Diff.
X.				
T=100°	20°,27	14°,30	13°,62	+ 0,68
a=0°,5.	20 ,27	13 ,74	13 ,62	+ 0,12
	19 ,65	13 ,54	13 ,21	+ 0,33
	18 ,50	11 ,83	12 ,44	— 0,61
	18 ,50	12 ,35	12 ,44	— 0,09
	19 ,07	11 ,42	12 ,81	— 1,39
XIII.				
T=100°	28 ,26	18 ,43	18 ,99	— 0,56
a=0°,94.	27 ,94	18 ,71	18 ,78	— 0,07
	26 ,74	18 ,43	17 ,97	+ 0,46
	26 , 6	17 ,86	17 ,87	— 0,01
	25 ,52	17 ,94	17 ,15	+ 0,79
	25 ,24	17 ,56	16 ,96	+ 0,60

D=67,2 Proc. Summe der Differenzen + 0,29.

	A.	($\alpha - a$ beob.)	($\alpha - a$) ber.	Diff.
XI. T=200° a=2°,03	18°,78	12°,77	13°,56	— 0,79
	18 ,78	12 ,21	13 ,56	— 1,35
	18 ,19	12 ,49	13 ,13	— 0,64
	17 ,67	12 ,49	12 ,76	— 0,27
	18 ,50	13 ,97	13 ,36	+ 0,61
	17 ,56	12 ,49	12 ,66	— 0,16
	16 ,62	12 ,49	12 ,00	+ 0,49
	20 ,90	15 ,23	15 ,09	+ 0,14
	21 ,18	15 ,84	15 ,29	+ 0,55
	18 ,88	14 ,91	13 ,63	+ 1,28
	19 ,37	14 ,91	13 ,99	+ 0,92
	20 ,27	14 ,40	14 ,63	— 0,23
	20 ,48	15 ,84	14 ,79	+ 1,05
	19 ,65	13 ,68	14 ,40	— 0,72
XIV. T=200° a=3°,88	28 ,86	20 ,94	20 ,84	+ 0,10
	27 ,21	19 ,52	19 ,65	— 0,13
	27 ,60	20 ,48	19 ,93	+ 0,55
	27 ,41	19 ,21	19 ,79	— 0,58
	26 ,60	18 ,67	19 ,20	— 0,53
	26 ,13	18 ,40	18 ,87	— 0,47
	D=72,2 Proc.		Summe der Differenzen	— 0,18.

Die Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen sind zwar in einigen Fällen um Vieles gröfser als sie nach der Beschaffenheit der zur Untersuchung verwendeten Apparate hätten seyn sollen, aber es ist dabei zu berücksichtigen, dafs die Temperaturbestimmung der Platten sehr unsicher war; denn obwohl ihre Aufstellung vor dem Schirm immer möglichst gleichartig und ohne Zeitverlust bewirkt wurde, so war dabei doch eine bald kleinere, bald gröfsere Wärmeabgabe nicht zu vermeiden. Leider erfolgte auch häufig beim Herbeiholen der Platte aus dem entfernten Theile des Zimmers, wo sie erwärmt wurde, und beim Aufstellen auf das Tischchen, wobei ich mich dem Apparate nähern mufste, mit so grofser Vorsicht ich auch bei dieser Manipulation verfuhr, eine geringe Erschütterung der zuvor genau auf Null eingestellten Magnetnadel. Letztere konnte nicht ohne Einflufs auf den Ausschlag bleiben, da man, um möglichst schnell abzulesen, die Nadel vor Beseitigung des Schirms nicht vollkommen zu Ruhe kommen lassen durfte. Gewifs hätte ich diese

bedauerliche Unsicherheit zum Theil vermeiden können, wenn ich nicht im Vertrauen auf die Beschaffenheit des Arbeitslocals, in meinem aufserhalb der Stadt, zwischen Gärten, gelegenen und von mir allein bewohnten Hause, wo keinerlei Erschütterung zu befürchten war, den Multiplicator auf den Tisch, statt, wie es erforderlich gewesen wäre, auf einen an der Wand befestigten Träger gestellt hätte. Ich hoffte jedoch, dafs der Einflufs dieser Fehlerquelle sich bei zahlreichen Beobachtungen ausgleichen würde; diefs scheint auch der Fall gewesen zu seyn, da die positiven und negativen Differenzen sich nahezu aufheben. Darf man also von diesen Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnung absehen, so ergiebt sich aus den vorstehend mitgetheilten Versuchen folgendes Resultat:

»Die Durchgängigkeit des Glases für Wärmestrahlen einer Argand'schen Lampe nimmt zu mit der Temperatur des Glases. Eine Glasplatte von $6{,}8^{mm}$ Dicke, welche bei $+5^{0}$ bis 8^{0} : 63,5 Proc. von diesen Strahlen hindurchläfst, läfst von denselben hindurch bei 100^{0} : 67,2 Proc. bei 200^{0} : 72,2 Proc.«

Ob man diefs für Glas und Strahlen einer bestimmten Quelle gefundene Resultat auf alle diathermische Substanzen und auf alle Wärmestrahlen ausdehnen dürfe, mufs vorläufig noch dahingestellt bleiben; indefs möchten sich wohl Gründe für die Zulässigkeit einer solchen Verallgemeinerung vorbringen lassen.

Das Gesetz, nach welchem die Diathermasie der Körper mit ihrer Temperatur zunimmt, wird sich auf dem eingeschlagenen Wege nicht mit Sicherheit ermitteln lassen, da die Platten im Apparate und auf dem Wege zu demselben ihre Temperatur natürlich schnell ändern, eine Einrichtung, bei welcher die Platte vor ihrem Schirm in constanter Temperatur erhalten werden könnte, aber nicht leicht zu ersinnen und auszuführen seyn möchte.

Nachdem ich durch die hier besprochene Untersuchung für den Fall der Erwärmung meine Annahme bestätigt gefunden hatte: die Diathermasie ein und derselben Substanz

sey abhängig von den in verschiedenen physikalischen Zuständen veränderlichen Abstand ihrer Molecule, lag es nahe sie zu prüfen durch Versuche mit nach verschiedenen Richtungen aus Krystallen der unregelmäfsigen Systemen geschnittenen Platten. Ich würde mich einer derartigen Arbeit demnächst zugewandt haben, wäre mir nicht zufällig bekannt geworden, dafs ein um die Lehre von der strahlenden Wärme vielfach verdienter Physiker bereits mit einer solchen beschäftigt sey und die gefundenen Resultate baldigst veröffentlichen werde. Dieser Veröffentlichung, die, wie ich höre, einer früheren Mittheilung über denselben Gegenstand (Poggendorff's Ann. Bd. 74, S. 185) widersprechen, und also auch von dieser Seite eine Bestätigung meiner Ansichten beibringen wird, sehe ich mit gespanntem Interesse entgegen.

Ich meinestheils beabsichtige nun zunächst die Beantwortung der Frage zu versuchen, ob dieselbe Glasplatte in verschiedener Temperatur gleiche oder verschiedene Antheile der unter demselben Winkel auffallenden Wärmeeinheit zurückwerfe.

Heidelberg, den 23. November 1851.

VII. *Ueber den Inductionsstrom der elektromagnetischen Maschine; von J. H. Koosen.*

Wenn man in den Schliefsungsdraht einer in Bewegung gesetzten elektromagnetischen Maschine eine Tangentenbussole einschaltet, so bietet die Beobachtung der Stromstärke, je nachdem man die galvanische Batterie verstärkt oder je nachdem man durch höhere Belastung der Maschine die Geschwindigkeit derselben variiren läfst, einige merkwürdige Phänomene dar, welche bisjetzt noch nicht hinreichend erklärt worden sind, deren Theorie aber

im Folgenden ausführlich zu entwickeln versucht werden soll. Die erwähnten Phänomene sind im Wesentlichen folgende: Die Stromstärke zeigt sich durch die Bewegung wesentlich vermindert und zwar um so mehr, je gröfser die Geschwindigkeit der Maschine bei gleich bleibender Stärke der Batterie ist; bei abnehmender Geschwindigkeit nähert sich der durch die Tangentenbussole gehende Strom einem bestimmten Werthe, demjenigen nämlich, welcher stattfindet, wenn die Maschine in Ruhe ist; wobei natürlich vorausgesetzt wird, dafs in demselben Zeitpunkte der Strom immer durch einen Schliefsungsdraht von genau demselben Leitungswiderstande gehe und der Uebergang desselben von Einer Schliefsung in eine andere momentan und ohne Unterbrechung stattfinde. Geht die Maschine ohne Belastung, d. h. hat sie in ihrer Bewegung nur den Widerstand der Luft und der Reibung zu überwinden, und man verstärkt die Batterie, so nimmt die Geschwindigkeit der Maschine nahezu in demselben Verhältnisse zu, wie die Stromstärke, d. h. wie diejenige Stromstärke, welche stattfinden würde, wenn die Maschine sich nicht bewegte, und welche wir der Kürze halber mit i bezeichnen wollen; hingegen diejenige Stromstärke, welche *während* der Bewegung durch die Tangentenbussole geht und die ich fortan I nennen will, zeigt nur eine äufserst geringe Zunahme, so etwa, dafs wenn i um das $n$fache wächst, I nur um das $\sqrt[4]{n}$ oder $\sqrt[5]{n}$fache vermehrt wird.

Ist hingegen die Maschine constant belastet, so dafs der Widerstand der Luft und der Reibung unbedeutend ist gegen den der zu hebenden Last, so nimmt I im obigen Falle nahezu um das $\sqrt[3]{n}$fache zu, wenn sich i in ni verwandelt.

Der Unterschied in diesen beiden Fällen ist offenbar darin zu suchen, dafs im zweiten Falle, wo eine wirkliche Last gehoben wird, der Widerstand proportional der Geschwindigkeit und im einfachen Verhältnifs wie diese wächst, im ersten Falle hingegen, wo nur die Widerstände der

Reibung und der Luft zu überwinden sind, diese in einem weit kleineren, obwohl aus nicht genau bekanntem Verhältnisse wie die Geschwindigkeit, zunehmen. Die geringe Zunahme des Stromes *I* bei veränderlichem Batteriestrome ist bei einer genau gearbeiteten und leicht beweglichen Maschine so auffallend, dafs ich diese Erscheinung mit Vortheil benutzt habe, wo es sich darum handelt, für wissenschaftliche Zwecke einen Strom von fast absolut gleichbleibender Stärke für längere Zeit herzustellen; der Strom ist von einer Gleichmäfsigkeit, wie man ihn durch keine der bekannten constanten Batterien unmittelbar, noch durch Zuhülfenahme von Agometervorrichtungen, erreichen kann, und wird in diesem Zustande selbst durch ganz inconstante galvanische Combinationen erhalten.

Die Bewegung der Maschine wirkt auf den Batteriestrom wie ein selbst wirkender Regulator und erhält dadurch den wirklich stattfindenden Strom immer nahezu in derselben Stärke.

Die eben besprochenen Fundamentalerscheinungen sind im Allgemeinen schon seit längerer Zeit bekannt und werden dem Einflusse des Extrastromes zugeschrieben, welcher während der Bewegung der Maschine durch das abwechselnde plötzliche Entstehen und Verschwinden des Magnetismus in den Spiralen und Eisenstäben erzeugt wird und dessen Richtung derjenigen des ursprünglichen Batteriestromes entgegengesetzt ist; es fehlte jedoch noch an einer näheren Kenntnifs der Gesetze und Theorie dieses Stromes, namentlich, was seine Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und von der Belastung der Maschine betrifft. Die von Joule und Scoresby bekannt gemachten Versuche über den mechanischen und ökonomischen Effect elektromagnetischer Motore bei verschiedenen Graden der Geschwindigkeit lassen auch nicht die geringste Gesetzmäfsigkeit in diesen Erscheinungen vermuthen, einfach aus dem Grunde, weil die genannten Beobachter nur das Verhältnifs des mechanischen Effectes zu den beiden Stromstärken, nicht aber gleichzeitig die Umdrehungsgeschwindigkeit

der Maschine, welche von dem gröfsten Einflufs auf jenes Verhältnifs ist, in Betracht gezogen; sie haben diese Geschwindigkeit nicht einmal angegeben. Indem sie ihren Untersuchungen eine theoretische Formel für die Abhängigkeit des mechanischen Effectes von den beiden Stromstärken zu Grunde legten, in welcher der Einflufs der Umdrehungsgeschwindigkeit gar nicht eintrat, durfte es nicht auffallen, wenn ihre Versuche in keinem Punkte mit jener Formel übereinstimmten; auf die theoretische Auffassungsweise der in Rede stehenden Erscheinungen von Seiten der beiden genannten Physiker werde ich späterhin zurückkommen.

Ehe ich zur Beschreibung der von mir angestellten Versuche übergehe, wird es nöthig seyn, durch einige theoretische Bemerkungen eine klare Einsicht in das scheinbar complicirte Verhältnifs, in welchem die Stromstärken i und I zu einander und zur Drehungsgeschwindigkeit des Motors stehen, zu gewinnen. Der inducirte oder Extrastrom, dessen Stärke wir mit i' bezeichnen wollen, so dafs

$$i = i' + I$$

ist offenbar, wie aus früheren Versuchen bekannt, einfach proportional dem Magnetismus, durch dessen Entstehen er erregt wird; dieser Magnetismus aber ist wiederum einfach proportional der Stärke des *primären* Stromes. Die Ungewifsheit besteht auf den ersten Blick nur darin, ob wir als *primären* Strom denjenigen Strom ansehen sollen, welcher unabhängig von dem inducirten secundären Strome i', im Drahte strömt, oder denselben vermindert durch diesen Extrastrom, also die Stromstärke I. Offenbar kann nur das letztere der Fall seyn, denn *während der Bewegung* und sobald diese einen gleichförmigen Zustand erreicht hat, kann ja der Batteriestrom i gar nicht zum Maximum seiner Stärke gelangen, sondern wird in jedem Augenblick durch den gleichzeitigen Extrastrom auf die Intensität $i - i' = I$ herabgedrückt. Der während der Bewegung existirende Magnetismus kann daher auch nur als der Stromstärke I, nicht dem Strome i proportional betrachtet werden. Etwas An-

deres freilich wäre es, wenn man die Maschine als vom Zustande der Ruhe ausgehend betrachtet; dann wäre aber die ganze von uns aufgestellte Betrachtungsweise, derzufolge wir den Extrastrom als eine gleichmäſsig und mit gleicher Stärke, ähnlich dem Batteriestrome, wirkende Kraft ansehen, während er doch in der That stoſsweise und mit sehr veränderlicher Intensität wirkt, ganz unzulässig; sie kann nur Gültigkeit haben, wenn die Maschine eine vollkommene gleichförmige Geschwindigkeit erlangt hat.

Bezeichnen wir nun mit m den Magnetismus, welchen die Einheit des in einem bestimmten Zeitpunkte den Schlieſsungsdraht einer Maschine durchflieſsenden Stromes hervorbringt; durch a die Intensität des Extrastroms, welchen der Magnetismus $=1$ durch sein abwechselndes Entstehen bei der Umdrehungsgeschwindigkeit $=1$ in demselben Schlieſsungsdrahte hervorbringt; durch v endlich die wirklich in einem bestimmten Zeitpunkte statthabende Geschwindigkeit, so ist

$$i' = maIv$$

der Ausdruck für die Intensität des Extrastromes, sobald die Maschine in den Zustand gleichförmiger Bewegung gelangt ist und der Strom I durch den Schlieſsungsdraht flieſst.

Dann ist auch

$$i = maIv + I \quad . \; . \; . \; (1)$$

$$\text{und } mav = \frac{i-I}{I}.$$

Die Gröſse $\frac{i-I}{I}$ muſs also, wenn i, die Stärke des Batteriestromes, dieselbe bleibt, bei veränderlicher Umdrehungsgeschwindigkeit der letzteren proportional wachsen und abnehmen, da ma, welches nichts anderes ist als die Stärke des Extrastromes, welcher bei der Einheit der Umdrehungsgeschwindigkeit durch die Einheit des primären Stromes in demselben Schlieſsungsdrahte hervorgebracht wird, für eine und dieselbe Schlieſsungsspirale constant seyn muſs.

Die folgenden Versuche habe ich an vier verschiedenen

Maschinen angestellt, um die Gültigkeit der vorstehenden Formel zu prüfen. Jede Horizontalspalte enthält eine Reihe schnell auf einander folgend gemachter Versuche, in welchem die Intensität i des Batteriestromes, so weit es möglich war, constant erhalten wurde, in welchem aber der Maschine verschiedene Geschwindigkeiten von 1, 2 oder 3 Umdrehungen in der Sekunde gegeben wurden. Die Verticalspalten enthalten alsdann die den betreffenden Geschwindigkeiten entprechenden Werthe für I in Tangenten der Ablenkungswinkel, und daraus berechnet die Werthe von $\frac{i-I}{I}$. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Maschine wurde in diesen Versuchen theils durch Veränderung der Belastung, theils durch Vermehrung der Reibung, theils durch Verstellung des Commutators regulirt und ihre Gröfse nach den Schlägen eines Sekundenpendels bestimmt.

No. des Versuchs.	Stromstärke, wenn d. Maschine in Ruhe i.	Dieselbe für ½ Umdrehung in 1″ I.	$\frac{i-I}{I}$	für 1 Umdr. in 1″ I.	$\frac{i-I}{I}$	für 2 Umdr. in 1″ I.	$\frac{i-I}{I}$	für 3 Umdr. in 1″ I.	$\frac{i-I}{I}$
I	1,192			0,949	0,25	0,740	0,60	0,593	1,0
II	1,428			1,11	0,29	0,854	0,67	0,625	1,2
III	1,150			0,932	0,23	0,726	0,58		
IV	1,28			1,036	0,24	0,81	0,58		
V	1,921			1,483	0,30	1,235	0,55	0,839	1,3
VI	1,11	0,869	0,28	0,713	0,55				
VII	1,376	1,0	0,37	0,829	0,66				
VIII	1,428	1,11	0,28	0,885	0,61	0,601	1,37		
IX	1,483	1,091	0,36	0,90	0,65				
X	1,732	1,280	0,35	1,0	0,73				
X	1,80			0,966	0,86	0,658	1,73		

So unvollkommen auch die vorstehenden Versuche in vieler Beziehung sind, so läfst sich doch die Gesetzmäfsigkeit in der Zunahme der Gröfse $\frac{i-I}{I}$, nahezu proportional

der Umdrehungsgeschwindigkeit der Maschinen, nicht verkennen. Jeder, der in ähnlicher Weise mit elektromagnetischen Maschinen experimentirt hat, wird die Schwierigkeiten, welche einer scharfen Beobachtungsmethode entgegentreten und die Resultate derselben in so mannigfacher Weise entstellen, bemerkt haben. Ich will von diesen Schwierigkeiten nur das Folgende erwähnen. Bei jeder einzelnen Beobachtungsreihe ist vorausgesetzt, dafs der Strom i während der ganzen Reihe der in einer Horizontalspalte aufgezeichneten Versuche constant bleibe; diefs ist selbst mit den constantesten galvanischen Ketten selten zu erreichen. Schwieriger ist aber die Beobachtung der Stromstärke i selbst. Wenn nämlich die Maschine in einer bestimmten Lage festgehalten wird, und der Strom, durch einen bestimmten Schliefsungsdraht gehend, einen Werth von i angiebt, so geht in anderen Phasen der Umdrehung der Strom durch einen anderen Schliefsungsdraht, welcher mit dem ersteren verglichen, nicht genau denselben Leitungswiderstand darbietet und daher einen von dem ersteren verschiedenen Werth von i giebt; man müfste daher, um den wahren Werth von i zu erfahren, das Mittel aus allen stattfindenden Werthen dieser Gröfse nehmen, immer vorausgesetzt, dafs die Stromwechselung so eingerichtet sey, dafs der Strom augenblicklich von Einer Schliefsung ohne absolute Unterbrechung in die andere übergeht. Da die letztere Bewegung bei den zu meinen Versuchen verwandten Maschinen erfüllt ist, so habe ich es vorgezogen die Stromstärke i auf die Weise zu ermitteln, dafs ich die Maschine *sehr langsam* sich drehen liefs und dann die Stromstärke an der Tangentenbussole ablas, da bei der langsamen Drehung der Einflufs des inducirten Stromes vernachlässigt werden konnte. Dann erhielt ich einen Werth für i, welcher im Allgemeinen mit dem eben erwähnten Mittelwerthe für die verschiedenen Schliefsungen zusammenfällt; dennoch konnte es nicht ausbleiben, dafs in manchen Fällen, z. B. bei VII, der wahre Werth von i höchst wahrscheinlich um ein Bedeutendes von dem beobachteten

ab-

abweicht, sonst könnten die Unregelmäfsigkeiten, welche man in den Werthen $\frac{i-I}{I}$ für ein und dieselbe Umdrehungsgeschwindigkeit und an derselben Maschine bemerkt, nicht stattfinden. Nach der oben entwickelten Formel ist nämlich $\frac{i-I}{I} = mav$; für eine bestimmte Umdrehungsgeschwindigkeit $= 1$, bezeichnet daher $\frac{i-I}{I} = ma$ nichts anderes, als die Stärke des Extrastromes, welcher durch die Einheit des primären Stromes in einem bestimmten Schliefsungsdrahte erzeugt wird. Diese Gröfse mufs also auch für eine und dieselbe Geschwindigkeit constant seyn, welche Stärke auch der Batteriestrom haben mag; und in der That lassen sich in den, für die Maschine geltenden, in einer Verticalspalte stehenden Werthen von $\frac{i-I}{I}$ keine *gesetzmäfsigen* Abweichungen, welche von einem Einflusse der verschiedenen Stärke des Batteriestromes herrühren könnten, erkennen, so grofs auch die darin vorkommenden, aus Beobachtungsfehlern fliefsenden Unregelmäfsigkeiten seyn mögen.

Von dem Gesetze, dafs die Werthe von $\frac{i-I}{I}$ für denselben Strom i den resp. Umdrehungsgeschwindigkeiten proportional seyen, findet jedoch bei den vorstehenden Versuchen dort, wo der Strom I bei dreimaliger Umdrehung in der Sekunde beobachtet wurde, eine bedeutende Abweichung statt, welche darin ihren Grund hat, dafs bei dieser grofsen Geschwindigkeit der Commutator nicht mehr vollkommen regelmäfsig wirken konnte, sondern häufige Stromunterbrechungen und dadurch wiederum Extraströme an ungehörigen Orten veranlafste, wodurch die Gröfse $\frac{i-I}{I}$ bedeutend wachsen mufste. Bei der gedachten Umdrehungsgeschwindigkeit, hatten nämlich an meinen Maschinen, die leitenden Federn, welche die Schliefsung und Unterbrechung besorgten, eine absolute Geschwindigkeit von ungefähr 4 Fufs in der Sekunde und in dieser kurzen Zeit

wurde der Strom an 120 *Mal* geöffnet und resp. geschlossen; so gut daher auch der Commutator gearbeitet war, konnte es bei dieser grofsen Geschwindigkeit der Federn nicht fehlen, dafs sie auch vermöge der Centrifugalkraft und kleiner Unregelmäfsigkeiten in der leitenden Oberfläche des Commutators von diesen leitenden Oberflächen auch an anderen Orten absprangen, als blofs da, wo wirklich ein Stromwechsel eintreten sollte. Diefs zeigte sich auch deutlich an der grofsen Zahl unregelmäfsiger Unterbrechungsfunken. Was überhaupt Commutatoren an elektromagnetischen und an magnetoelektrischen Apparaten betrifft, so halte ich das gebräuchliche Amalgamiren derselben, welches die Metalle so sehr angreift und zerfrifst, nur in solchen Fällen für passend, wo man die Reibung unter den Theilen des Commutators so klein wie möglich machen will; in anderen Fällen, namentlich bei gröfseren Maschinen, wende ich nie Amalgamation an, sondern lasse die Metallfedern und Walzen trocken oder sehr wenig geölt auf einander laufen und fest an einander drücken; dann müssen aber diese Theile allerdings aus Silber oder doch zum Theil aus einem edlen Metalle gefertigt seyn.

Geht eine elektromagnetische Maschine mit einer bestimmten Belastung P, welche so grofs ist, dafs der Widerstand der Luft und der Reibung dagegen vernachlässigt werden kann, so können wir in der Gleichung (1) $v=\frac{I^2}{P}$ setzen, indem ja bei diesen Maschinen bekanntlich der mechanische Effect vP wie das Quadrat des erzeugten Magnetismus wächst; dann ist

$$i=\frac{maI^3}{P}+I \text{ und } \frac{ma}{P}=\frac{i-I}{I^3}.$$

Die Gröfse $\frac{i-I}{I^3}$ ist also für jede unter einer bestimmten Belastung gehenden Maschine, mit welcher Geschwindigkeit und unter welchem Batteriestrome sie auch gehen mag, eine constante Gröfse; aus der Form der Gröfse $\frac{i-I}{I^3}$ erhellt auch, weshalb, wie ich früher erwähnte, bei ver-

stärkter Batterie, der an der Tangentenbussole gemessene Strom I nur so äufserst wenig, nämlich nahezu im Verhältnifs der Kubikwurzel des Batteriestromes i, wächst oder abnimmt. Ersetzen wir in (1) I durch v so wird diese Gleichung

$$i = \frac{amv^{\frac{3}{2}} + \sqrt{v}}{\sqrt{P}},$$

d. h. die Geschwindigkeit einer unter constanter Belastung gehenden Maschine nimmt mit dem Batteriestrome i nahezu in demselben oder in einem um etwas gröfseren Verhältnisse zu; diefs stimmt auch im Allgemeinen mit den Beobachtungen überein. Geht aber die Maschine ohne Belastung, d. h. hat sie nur einen Widerstand zu überwinden, der nicht wie eine angehängte Last proportional der Geschwindigkeit, sondern in einem weit geringeren Verhältnisse, etwa in der $\frac{1}{n}$ten Potenz der letzteren wächst, dann werden obige beide Gleichungen, wenn man diesen Widerstand der Reibung und eines widerstehenden Mittels als eine zu hebende Last ansieht,

$$i = \frac{amI^{2n+1}}{P^n} + I \text{ und } i = \left\{ amv^{\frac{2n+1}{2n}} + v^{\frac{1}{2n}} \right\} \sqrt{P}$$

so dafs hier I in noch weit geringerem Verhältnisse als in dem der Cubikwurzel der Zunahme von i wächst und die Geschwindigkeit der Maschine v als nahe einfach proportional der Stromstärke i gesetzt werden kann.

Aus Vorstehendem erhellt, dafs es für jede elektromagnetische Maschine zwei Coëfficienten am und $\frac{am}{P}$ giebt, die sich durch einige Versuche bald ermitteln lassen und von denen der erstere für eine gewisse Geschwindigkeit der Maschine, der andere aber für eine bestimmte Belastung derselben unter allen Verhältnissen constant bleibt. Wenn man diese beiden Coëfficienten unter Zugrundlegung einer willkürlichen Einheit für Geschwindigkeit und Belastung ermittelt hat, so kennt man damit zugleich alle übrigen Eigenschaften der Maschine. Der Coëfficient am der con-

stanten Geschwindigkeit ist der Werth für die Stärke des Extrastromes, welcher durch die Einheit des primären Stromes bei dieser Geschwindigkeit in dem Schliefsungsdrahte erregt wird; dieser Coëfficient ist daher wesentlich abhängig von der Construction des Commutators, d. h. von der Anzahl der Stromschliefsungen und Oeffnungen, welche jede Drahtspirale während Einer Umdrehung der Maschine erfährt, ferner von der Natur der Spirale selbst und von der Beschaffenheit der darin enthaltenen Eisenstäbe. Dieser Coëfficient am ist aber durchaus nicht abhängig von der Einrichtung der Maschine selbst, d. h. von dem Princip, nach welchem sie costruirt ist, und von der mehr oder weniger vollkommenen Ausführung desselben, indem diefs erst durch den Werth von $\frac{am}{p}$ näher bestimmt wird.

Da das Ohm'sche Gesetz auf inducirte Ströme ebenso gut anwendbar ist, wie auf primäre Ströme, so folgt aus diesem Gesetze für den Coëfficienten am, d. h. für die Stärke des Extrastromes, welcher durch die Einheit des primären Stromes hervorgebracht wird, die merkwürdige Bedingung, dafs bei verschiedenen Spiralen, welche dieselben Eisenstäbe umfassen, diese Gröfse proportional dem absoluten Gewichte des dazu verwandten Kupferdrahtes, von den relativen Dimensionen dieses Drahtes aber gänzlich unabhängig ist, weil die Veränderung dieser Dimensionen in irgend einer Beziehung den primären wie den secundären Strom in verhältnifsmäfsig gleichem Grade afficirt — (immer unter der Voraussetzung, dafs der Widerstand in der galvanischen Kette selbst als sehr klein gegen den des Schliefsungsdrahtes angenommen werde).

Aus dieser Eigenthümlichkeit der Gröfse am, mit dem Gewichte des Kupferdrahtes proportional zu wachsen, erklärt sich die Erscheinung, dafs grofse elektromagnetische Maschinen eine verhältnifsmäfsig so geringe mechanische Wirkung abgeben, indem hier der inducirte Strom und mithin die Schliefsung des Magnetismus während der Bewegung der Maschine in weit gröfserem Verhältnisse als

der Batteriestrom zunimmt, so lange die Umdrehungsgeschwindigkeit *caeteris paribus* die gleiche ist.

Es ist mir gelungen durch ein eigenthümliches System der Commutation den bei der Bewegung elektromagnetischer Maschinen auftretenden Extrastrom und dessen die Kraft dieser Maschinen so beeinträchtigende Wirkung aufzuheben, wodurch zugleich der Unterbrechungsfunke gänzlich beseitigt wird. Die Beschreibung dieses Verfahrens, in Bezug auf welches mir gegenwärtig noch manche Punkte theoretisch nicht hinreichend klar sind, und welches mich zu einer Reihe galvanometrischer Versuche geleitet hat, welche ich noch nicht als abgeschlossen ansehen kann, — hoffe ich bei einer späteren Gelegenheit geben zu können; die Theorie des Commutators, *während der Bewegung* der Maschinen und der Einfluſs des Extrastromes auf die relative Stellung desselben, ist für die Saxton'sche Maschine zwar durch eine in diesen Annalen enthaltene Abhandlung von Lenz sehr klar und ausreichend dargestellt worden; allein für die elektromagnetische Maschine treten, wenn auch analoge, doch bei weitem von den in der Saxton'schen Maschine herrschenden Verhältnissen abweichende Umstände ein, indem sich die in dem letzteren Falle auftretenden, in entgegengesetzter Richtung gehenden secundären Ströme bei gehöriger Stellung des Commutators aufheben und daher die totale Wirkung des primär inducirten Stromes nach den Versuchen von Lenz nicht verändern sollen, was aber bei den elektromagnetischen Maschinen nicht der Fall ist, wenigstens bei dem gewöhnlichen Commutationsverfahren, vielmehr durch den secundären Strom hier immer und bei jeder Stellung des Commutators sowohl der während der Bewegung erzeugte Magnetismus als auch der durch die Tangentenbussole gehende Strom geschwächt wird.

Die Entstehung eines Extrastroms in einer eine Eisenstange umgebenden Spirale ist nur möglich unter der Voraussetzung, daſs, auch abgesehen von dem Einflusse des

secundären Stromes, der in der Eisenstange enstehende, wie verschwindende Magnetismus eine gewisse *Zeit* zu seinem Entstehen und Verschwinden gebrauche; diese Voraussetzung, obwohl sie sich dem allgemeinen Naturgesetze, dafs jede Wirkung in der Natur, um zu ihrem vollen Wirkungswerthe zu gelangen, einen gewissen Zeitverlust voraussetze, gewissermafsen von selbst versteht, ist jedoch für das Entstehen des Magnetismus durch den elektrischen Strom experimentell erst neuerdings dargethan worden und daher jetzt keinem Zweifel mehr unterworfen, obwohl diese Versuche wegen der Kleinheit des zu messenden Zeittheiles grofse Genauigkeit und Scharfsinn in der Beobachtungsmethode erforderten. Bei elektromagnetischen Maschinen, deren Commutator in der Sekunde eine grofse Anzahl von Oeffnungen und Schliefsungen der Kette bewerkstelligt, übt nun diese kurze Zeitdauer, welche von dem Eintritte des Stroms bis zu dem Punkte, wo der Magnetismus des weichen Eisens seinen vollen, der Stromstärke entsprechenden, Werth erlangt hat und von der wir wissen, dafs sie bei zolldicken Eisenstäben schon über $\frac{1}{100}$ Sekunde beträgt, — ebenso wie diejenige kurze Zeitdauer, welche von der Unterbrechung des Stroms in der Spirale bis zum Aufhören des Magnetismus im Eisen verfliefst, — einen grofsen Einflufs auf die Gröfse des secundären Stroms, wie auf die gesammte mechanische Wirkung dieser Maschine, und endlich auf die Stellung des Commutators, welche erforderlich ist, um diese Wirkung zur gröfstmöglichen zu machen, aus. Es kommt also hauptsächlich darauf an, die Gesetze zu entwickeln, nach welchen sich der durch einen galvanischen Strom, mag dieser primär oder secundär seyn, in weichem Eisen erregte Magnetismus, als Function der Zeit entwickelt und respective verschwindet. Ich bin gegenwärtig mit einer Reihe von Versuchen beschäftigt, welche den Zweck haben, den Werth der analytischen Formeln, welche sich vom mathematischen Gesichtspunkte aus, über diese Frage aufstellen lassen, zu prüfen, und hoffe baldigst auf

diesen Gegenstand, welcher die Grundlage zu einer genauen Theorie des Commutators bildet, Ausführlicheres mittheilen zu können.

Dresden, im December 1851.

VIII. *Ueber die Tragkraft der Elektromagnete; von Dr. Julius Dub.*

Zu den neuesten Versuchen über die Gesetze, denen die elektromagnetische Anziehung folgt, gehören die von Hrn. Dr. Tyndall [1]).

Durch die Erfahrung belehrt, dafs der Anker besonders durch seine Berührungsfläche die Beobachtung über die Anziehung der Elektromagnete erschwere und ungenau mache, wählt Hr. Tyndall, um den Einfluſs der Form so viel wie möglich zu beseitigen, Kugeln aus weichem Eisen zu Ankern. Die Messungen, welche er damit anstellt, führen zu folgenden zwei Gesetzen [2]):

1. »*Die wechselseitige Anziehung zwischen einem Magneten und einer Kugel aus weichem Eisen, wenn beide sich unmittelbar berühren, ist der Stärke des Magneten oder dem magnetisirenden Strome direct proportional.*«

2. »*Die gegenseitige Anziehung eines Elektromagneten und einer Kugel aus weichem Eisen, wenn beide von einander durch einen bestimmten Zwischenraum getrennt sind, ist dem Quadrate des erregten Magnetismus proportional.*«

Die früher von mir angestellten Versuche (Pogg. Ann. Bd. 80, S. 499) zeigen nur für Entfernungen dasselbe Resultat, wogegen bei Berührung des Ankers und Magneten die Tragkraft gröſser als das directe Verhältniſs der Ströme ist. Ich fand bei doppelter Stromstärke ungefähr eine dreimal so groſse Tragkraft wie bei einfachem Strome, und

1) Pogg. Ann. Bd. 83, S. 1.

2) Pogg. Ann. Bd. 83, S. 36.

da in Entfernungen sich das Gesetz so klar herausstellt und ferner bei der Berührung die Fläche hindernd in den Weg tritt, so glaubte ich die Anziehung überhaupt proportional dem Quadrat der Ströme annehmen zu können.

Es ist nicht zu läugnen, dafs Kugeln, als Anker benutzt, den scheinbar grofsen Uebelstand der ungleichmäfsigen Berührung der Flächen beseitigen, so dafs es wohl möglich gewesen wäre, mittelst derselben ein vorhandenes einfaches Gesetz leicht zu erkennen, während im anderen Falle dasselbe durch Versuchsfehler verdeckt wird.

Halten wir jedoch die beiden von Hrn. Tyndall aufgestellten Gesetze zusammen, so gelangen wir auf Fälle, die absolute Unmöglichkeiten enthalten. Wird z. B. bei der Stromstärke von 4° eine Kugel in Berührung mit 0,4 Pfd., in Entfernung von einer Papierdicke dagegen mit 0,04 Pfd. gehalten, so müfste sie nach Tyndall's Gesetzen bei einer Stromstärke von 35°, welche ziemlich genau das Zehnfache von der bei 4° ist, sowohl in der angegebenen Entfernung als in Berührung mit 4 Pfd. angezogen werden. Wächst nun im vorliegenden Falle die Stromstärke noch über das Zehnfache, so würde der absolut undenkbare Fall eintreten müssen, *dafs die Kugel in gewissem Abstande mit gröfserer Kraft gehalten wird, als in unmittelbarer Berührung.*

Hr. Tyndall hat keine Versuchsreihen, in denen eine darauf bezügliche Zusammenstellung gemacht wäre, auch läfst sich dieselbe aus den vorhandenen Versuchen nicht leicht herstellen, sonst würde sich die Unhaltbarkeit eines der beiden Gesetze aus den Versuchen selbst zeigen.

Ich habe mich daher veranlafst gefunden einige Versuche anzustellen, welche bei wachsenden Strömen die Anziehung eines und desselben Magneten sowohl in Berührung als in constanter Entfernung zeigen. Es wurde dazu der frühere Apparat mit einem Magneten von 12″ Länge, 1″ Durchmesser und 336 Drahtwindungen benutzt.

Da mir kein Rheostat zu Gebote stand, habe ich den Strom mit dem Widerstandsmesser auf einer bestimmten Ablenkung festgestellt, und dann jedes Mal die Tragkraft

in Berührung und Entfernung gemessen. Es sind in der Tabelle nur halbe Grade angegeben, da es nicht wohl möglich ist an der Tangentenbussole genauer zu beobachten. So steht also auf der Tabelle 4°, 8°, 12°, 15½° u. s. w. während es *berechnet* heifsen müfste 4°, 7° 58″, 11° 50″, 15° 37″ u. s. w., dafs diese geringen Differenzen keinen Unterschied hervorbringen, welcher das Gesetz nicht erkennen liefse, beweisen die nachstehenden Versuchsreihen.

Als Anker benutzte ich zwei Kugeln aus weichem Eisen, deren eine 1½″, die andere ¾″ Durchmesser hatte. Ich mufs Hrn. Tyndall vollkommen beistimmen, dafs sich mit diesen Kugeln mit viel geringerer Mühe experimentiren läfst, als diefs bei andern Ankern der Fall ist, da sie ja immer in derselben Weise berühren *müssen*.

Ich hatte gar nicht nöthig, das Mittel aus vielen Versuchen zu nehmen, da sich stets bei Wiederholung eines und desselben Versuchs dieselbe Anziehung zeigte.

Da es mir nur darauf ankam, das Gesetz zu prüfen, so habe ich nur für die beiden Fälle zahlreiche Versuche angestellt, wo die Kugel den Magneten unmittelbar berührt, und wo sie von demselben durch eine Papierdicke getrennt ist. Ich führe von den angestellten Versuchen nur einige an, da alle anderen dasselbe Resultat gegeben haben.

I.

Tragkraft eines 12″ langen 1″ starken Magneten mit der Kugel aus weichem Eisen von 1½″ Durchmesser.

Stromstärke.	Tangenten.	In Berührung.	In 1 Papierdicke Entfernung.
4°	0,0699	0,3 Pfd.	0,04 Pfd.
8°	2 tg 4°	0,7 »	0,15 »
12°	3 tg 4°	1,25 »	0,36 »
15½°	4 tg 4°	1,6 »	0,6 »
19°	5 tg 4°	2,2 »	1,05 »
23°	6 tg 4°	2,8 »	1,5 »
26°	7 tg 4°	3,5 »	2,1 »
29°	8 tg 4°	4,6 »	2,8 »
32°	9 tg 4°	5,2 »	3,6 »
35°	10 tg 4°	6, »	4,3 »
37½°	11 tg 4°	6,8 »	5 »
40°	12 tg 4°	7,4 »	6 »

II.

Tragkraft eines 12" langen 1" dicken Magneten mit einer Kugel aus weichem Eisen von ¾" Durchmesser.

Strom.	Tangenten.	Tragkraft. In Berührung.	In 1 Papierdicke Entfernung.
4°	0,0699	0,09	—
8°	2 tg 4°	0,21	0,045
12°	3 tg 4°	0,45	0,098
15½°	4 tg 4°	0,65	0,18
19°	5 tg 4°	0,8	0,26
23°	6 tg 4°	0,95	0,4
26°	7 tg 4°	1,25	0,5
29°	8 tg 4°	1,5	0,75
32°	9 tg 4°	1,85	1
35°	10 tg 4°	2,05	1,3
37½°	11 tg 4°	2,2	1,5
40°	12 tg 4°	2,6	1,8.

Vergleichen wir diese Resultate unter einander, so sehen wir, dafs für die Wirkung auf Entfernung die Tragkräfte sich genau wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme verhalten; denn die vorhandenen Abweichungen sind ohne Zweifel auf die Versuchsfehler zu rechnen. Wir finden also hier das schon früher bekannte Gesetz bestätigt.

Anders verhält es sich mit den Tragkräften in unmittelbarer Berührung. Es läfst sich von diesen nicht behaupten, dafs sie in directem Verhältnifs der Stromstärken ständen, sondern wir finden mit der Zunahme des Stromes eine immer gröfsere Abweichung, so dafs sich annäherungsweise bei doppeltem Strome dreifache Anziehung zeigt. Jedoch auch diefs könnte kein Gesetz seyn, denn es würde auch in diesem Falle, wenngleich erst bei stärkerem Strom, die oben angegebene Unmöglichkeit eintreten, dafs die Tragkraft in Entfernung gröfser würde als in unmittelbarer Berührung.

Je stärker der Strom wird, desto geringer wird die Differenz zwischen der Tragkraft in Berührung und der

in Entfernung, wodurch dann eine allmälige Annäherung an eine constante Differenz sichtbar wird, so dafs bei wachsendem Strome auch in Berührung das quadratische Verhältnifs immer mehr hervortreten mufs.

Da sich hier ungefähr dieselben Resultate ergeben, wie ich sie schon früher gefunden habe [1]), wo ich sie jedoch der mangelhaften Berührung zuschrieb, indem ich glaubte es müfsten sich eigentlich genau die Quadrate der Stromstärke zeigen; so entstand die Frage, ob denn die Kugeln überhaupt bessere Resultate geben, oder ob nicht trotz der mangelhaften Berührung bei anderen Ankern sich ganz dasselbe Resultat ergebe. Ich stellte daher dieselben Versuche mit einem der früher angewandten cylindrischen Anker an. Er war 4" lang und ½" dick.

III.

Tragkraft des 12" langen 1" dicken Magneten mit einem 4" langen ½" dicken cylindrischen Anker.

		Tragkraft.	
Strom.	Tangenten.	In Berührung.	In 1 Papierdicke Entfernung.
4°	0,0699	—	—
8°	2 tg 4°	0,75 Pfd.	0,3 Pfd.
12°	3 tg 4°	1,85 »	0,68 »
15½°	4 tg 4°	3 »	1,2 »
19°	5 tg 4°	4,2 »	2 »
23°	6 tg 4°	6 »	2,9 »
26°	7 tg 4°	7,2 »	4 »
29°	8 tg 4°	8,6 »	5 »
32°	9 tg 4°	11,1 »	6,6 »
35°	10 tg 4°	12,6 »	8,4 »
37½°	11 tg 4°	14,5 »	10,2 »
40°	12 tg 4°	16 »	12 »

Diese Versuche geben genau dasselbe Resultat, wie die mit den Kugeln. Der Vergleich ist in diesem Falle leicht,

1) Pogg. Ann. Bd. 80, S. 506 und 507 Versuchsreihe X und XI und S. 500 Versuchsreihe XIII.

da ganz ohne meine Absicht sich hier ungefähr das Doppelte von dem in No. I. zeigt.

Somit bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, dafs sich zwar mit Kugeln, als Anker benutzt, bequemer experimentiren lasse, dafs sie jedoch durchaus nichts Anderes ergeben als andere Anker, und *dafs mithin das von Hrn. Tyndall aufgestellte Gesetz über die Tragkraft der Magnete in Berührung keine allgemeine Gültigkeit hat.* Die scheinbare Annäherung an ein solches Gesetz, welche sich bei Anwendung schwacher Ströme zeigt, hat möglicherweise zu der Annahme desselben veranlafst.

Andererseits zeigen jedoch auch die Versuche, dafs das Gesetz *der Quadrate* für die Tragkraft in Berührung nicht allgemein und genau ist, so dafs der von Lenz und Jacobi aufgestellte und auch von mir in diesen Annalen Bd. 81, S. 72 No. II. angeführte Satz: *Die Anziehung verhält sich wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme,* dahin beschränkt werden mufs, dafs diefs Gesetz nur für die Wirkung in Entfernung allgemeine Geltung hat.

Schliefslich sey hier mir noch erlaubt darauf aufmerksam zu machen, dafs durch ein Versehen von mir, welches ich leider erst bemerkte, als der Aufsatz schon im Druck erschienen war, in diesen Ann. Bd. 81, S. 47 der Satz steht: »*Die Anziehung verhält sich wie Stromstärke mit der Windungszahl multiplicirt.*« — Dieser Satz ist von den HH. Lenz und Jacobi in Bezug auf den freien Magnetismus, welcher auf die Magnetnadel oder die Inductionsspirale wirkt, mit Recht ausgesprochen; allein in Bezug auf die »*Anziehung*« verhält es sich anders. Ich habe gezeigt: *Die Anziehung verhält sich wie das Quadrat der Ströme* (Satz von Lenz und Jacobi) ferner: *die Anziehung verhält sich wie das Quadrat der Windungszahl.* Daraus folgt *a priori* »*dafs sich die Anziehung verhalten müsse wie das Quadrat der Ströme multiplicirt mit dem Quadrat der Windungszahl.*«

Dafs mir der Fehler nicht früher auffiel, kam daher, dafs der Satz nur in dem Falle angewandt wurde, wo der Strom in demselben Maafse stieg, als die Windungszahl abnahm. Wenn der Strom doppelt so grofs wird, während die Windungszahl sich auf die Hälfte verringert, so mufs natürlicher Weise die Anziehung dieselbe bleiben, mag die Zu- oder Abnahme in einfachem oder quadratischem Verhältnifs stattfinden.

Um mich nun zu überzeugen, dafs der *a priori* erschlossene Satz für die Anziehung überhaupt richtig sey, stellte ich Versuche an, in denen der Strom und die Windungszahl variirten und fand die genaueste Bestätigung.

Ich will hier nur ein Beispiel aufführen:

IV.

Anziehung eines $1\frac{3}{4}''$ dicken $12''$ langen Magneten auf eine Kugel als Anker von $1\frac{1}{2}''$ Durchmesser bei einer Entfernung von einer Papierdicke.

11°	Ablenkung	130	Spiralwindungen	0,033	Pfd.
21	»	130	»	0,138	»
11	»	260	»	0,14	»
21	»	260	»	0,58	»

Diese Versuche ergeben, dafs bei doppelter Windungszahl und doppeltem Strome fast genau die 16 fache Anziehung auftritt. Dafs sogar noch das Maafs überstiegen wird, hat darin seinen Grund, dafs die Kugel bei stärkerer Wirkung des Magneten das Papier fester andrückt, mithin der Abstand nicht genau derselbe bleibt. Es wird also auch durch das Experiment die Wahrheit des Satzes bewiesen:

»Die Anziehung verhält sich wie das Quadrat der Ströme multiplicirt mit dem Quadrat der Windungszahl.«

Berlin, den 3. December 1851.

IX. *Ueber den Zusammenhang des specifischen Gewichtes chemischer Verbindungen mit ihrer Auflöslichkeit in Wasser, nebst einer daraus abgeleiteten Theorie der Wahlverwandtschaften;* *von Dr. P. Kremers.*

(Fortsetzung.)

Tabelle I.

Der in der ersten Colonne isolirt stehende Salzbilder wird verbunden gedacht mit je allen folgenden Radicalen, bis ein anderer an seine Stelle tritt. Die in der dritten Colonne angeführten Beobachter beziehen sich auf das specifische Gewicht, wogegen die in der siebenten Colonne angeführten sich auf die Löslichkeit beziehen. Bei Angabe der Löslichkeit habe ich soviel als möglich die gewöhnliche Temperatur von 15° C. gewählt. Es beginnt jede Gruppe mit den Salzen der leichten Metalle und endet mit denen der schweren. Aufserdem sind die einzelnen Salze nach ihrem steigenden specifischen Gewichte gruppirt, indem auf diese Weise die Vergleichung mit der Löslichkeit erleichtert wird.

Chemische Formel.	spec. Gew.	Beobachter.	Löslichkeit eines Gewichtsth.	Löslichkeit eines Atoms.	Temp.	Beobachter.	
SO_4+Mg	2,607	Karsten	3,04	3,04	15° C.	Gay-Luss.	Handw. d. Chem. I, 597 [1])
Na	2,631	do.	8,52	10,07	13,3	Poggendorff	Handw. d. Chem. I, 599
K	2,662	Kopp	9,12	13,22	15	Gay-Luss.	Gmel. II, 39
Ca	2,927	Karsten	415	470	20	Poggiale	Berz. III, 401
Sr	3,588	do.	5345	8179	15	Kremers	
Ba	4,53	G. Rose	43000	83493			Gmel. II, 152
Zn	3,40	Karsten	2,07	2,77	10	Poggiale	Berz. III, 680
Ag	5,341	do.	87	226		Wenzel	Gmel. III, 609
Pb	6,3	Mohs	13000	32800	15	Kremers	
NO_6+NH_4	1,579	Hassenfratz	0,502	0,669	18	Karsten	Gmel. I, 901
Na	2,096	Klaproth	1,14	1,61	18,5	Kopp	Gmel. II, 117
K	2,101	Karsten	4	6,7	16	Riffault	Gmel. II, 70
Sr	2,89	do.	5	8,8			Gmel. II, 177
Ba	3,19	do.	12,5	27,2	15	Gay-Luss.	Gmel. II, 162
Ag	4,313	Kremers	1	2,8			Gmel. III, 626
Pb	4,34	Kopp	1,989	5,48	17,5	Karsten	Gmel. III, 148
CO_3+K	2,264	Karsten	1,06	1,22	20	Poggiale	Berz. III, 152
Na	2,466	do.	3,9	3,44	20	do.	Berz. III, 239
Mg	2,98	Stromeyer	5071	3550 [2])	15	Kremers	
Ca	3,0	Breithaupt	12858	10702	15	do.	
Sr	3,62	Karsten	12522	15410	15	do.	
Ba	4,30	do.	12027	19750	15	do.	

1) Die Angaben beziehen sich auf die neuesten Auflagen.

2) Es gilt diefs für eins der basischen Salze, wie denn wohl jedes der schwerlöslichen basischen Salze seine eigene Löslichkeit und sein eigenes spec. Gewicht besitzt.

Chemische Formel.	spec. Gew.	Beobachter.	Löslichkeit eines Gewichtsth.	Löslichkeit eines Atoms.	Temp.	Beobachter.	
CO_3+Zn	4,442	Mohs	20895	21746	15°	Kremers	
Ag	6,07	Karsten	31978	73464	15	do.	
Pb	6,47	Breithaupt	50551	112407	15	Fresenius	quantitative Analyse 470
CrO_4+K	2,64	Karsten	2,07	3,36	15	•	Berz. III, 862
Pb	6,004	Mohs					
$Cl+NH_4$	1,53	do.	2,7	2,4	18 ,7	Karsten	Gmel. I, 888
Ca	1,92	Karsten					
K	1,994	Filhol	2,85	3,54	15 ,6	Kopp	Gmel. II, 56
Na	2,15	Kopp	2,7	2,63	15	Fuchs	Gmel. II, 111
Sr	2,8	Karsten					
Ba	3,7	do.	2,72	4,7	15		Berz. III, 355
Pb	5,34	Monro	135	312	12 ,5	Bischof	Gmel. III, 138
Hg	5,403	Karsten	18,5	41,7	14	J. Davy	Gmel. III, 520
Ag	5,57	do.					
$Br+K$	2,41	do.					
Hg	5,92	do.	94	282	9	Lassaigne	Gmel. III, 506
Ag	6,35	do.					
Pb	6,63	do.					
$J+K$	2,908	do.	0,709	1,96	16	Baup	Gmel. II, 49
Ag	5,614	Boullay					
Pb	6,11	do.	1235	4738		Denot	Gmel. III, 133
Hg	6,20	Karsten	150	567.		Saladin	Berz. III, 862.

Tabelle II.

Tabelle II.

Die Anordnung dieser Tabelle ist ganz die der vorhergehenden, daher ich zum Verständnifs derselben nichts weiter anzuführen brauche.

Chemische Formel.	spec. Gew.	Beobachter.	Löslichkeit eines Gewichtsth.	Löslichkeit eines Atoms.	Temp.	Beobachter.
$Na + NO_6$	2,096	Klaproth	1,14	1,61	18°,5	Kopp
Cl	2,15	Kopp	2,7	2,63	15	Fuchs
CO_3	2,466	Karsten	3,9	3,44	20	Poggiale
SO_4	2,631	do.	8,52	10,07	13 ,3	Poggend.
$Ca + Cl$	1,92	do.				
SO_4	2,927	do.	415	470	20	Poggiale
CO_3	3,0	Breithaupt	12858	10702	15	Kremers
$Mg + SO_4$	2,607	Karsten.	3,04	3,04	15	Gay-Luss.
CO_3	2,98	Stromeyer	5071	3550	15	Kremers
$Sr + Cl$	2,8	Karsten				
NO_6	2,89	do.	5	8,8		
SO_4	3,588	do.	5345	8179	15	Kremers
CO_3	3,62	do.	12522	15410	15	do.
$Hg + Cl$	5,403	do.	18,5	41,7	14	J. Davy
Br	5,92	do.	94	282	9	Lassaigne
J	6,20	do.	150	567		Saladin
$Zn + SO_4$	3,40	do.	2,07	2,77	10	Poggiale
CO_3	4,442	Mohs	20895	21746	15	Kremers
$Ba + Cl$	3,7	Karsten	2,72	4,7	15	
NO_6	3,19	do.	12,5	27,2	15	Gay-Luss.
CO_3	4,30	do.	12027	19750	15	Kremers
SO_4	4,53	G. Rose	43000	83493		
$Ag + NO_6$	4,313	Kremers	1	2,8		
SO_4	5,341	Karsten	87	226		Wenzel
CO_3	6,07	do.	31978	73464	15	Kremers
$Ag + Br$	6,35	do.				
Cl	5,57	do.				
J	5,614	Boullay				
$Pb^2 + NO_6$	4,34	Kopp	1,989	5,48	17 ,5	Karsten
Cl	5,34	Monro	135	312	12 ,5	Bischof
J	6,11	Boullay	1235	4738		Denot
SO_4	6,3	Mohs	13000	32800	15	Kremers
CO_3	6,47	Breithaupt	50551	112407	15	Fresenius
CrO_4	6,004	Mohs				
Br	6,63	Karsten				
$K + Cl$	1,915	do.	2,85	3,54	15 ,6	Kopp
NO_6	2,101	do	4	6,7	16	Riffault
SO_4	2,662	Kopp	9,12	13,22	15	Gay-Luss.
CO_3	2,264	Karsten	1,06	1,22	20	Poggiale
Br	2,41	do.				
CrO_4	2,64	do.	2,07	3,36	15	
J	2,908	do.	0,709	1,96	16	Baup
$NH_4 + NO_6$	1,579	Hassenfratz	0,502	0,669	18	Karsten
Cl	1,53	Mohs	2,7	2,4	18 ,7	do.

Tabelle III.

Die in dieser Tabelle angeführten Salze sind so geordnet, daſs jedes der in der zweiten Colonne befindlichen Salze sich mit dem in der ersten isolirt stehenden umsetzt. Die ihnen entsprechenden specifischen Gewichte finden sich in der dritten und vierten Colonne und zwar jedes an der homologen Stelle seines Salzes. Die aus der Zersetzung resultirenden Salze sind nicht weiter hingeschrieben, sondern bloſs ihre specifischen Gewichte. Zur leichtern Orientirung reicht die Bemerkung wohl hin, daſs bei der jedesmaligen Umsetzung die Radikale stets in derselben Colonne bleiben, die Salzbilder dagegen von einer zur andern wandern und daſs auch hier die specifischen Gewichte sich an den homologen Stellen der Salze befinden. Die fünfte Colonne giebt die Summe der specifischen Gewichte vor und nach der Umsetzung an. Um wie viel der in der zweiten Reihe befindliche Summand gröſser ist als der in der ersten, zeigt die in der sechsten Colonne zwischen beiden stehende Zahl. Wo umgekehrt der zweite Summand kleiner ist als der erste, da ist dieſs durch — bezeichnet.

1.	2.	3.	4.	5.	6.
KCO_3	$NaSO_4$	2,264 2,662	2,631 2,466	4,895 5,128	0,233
	$AgSO_4$	2,264 2,662	5,341 6,07	7,605 8,732	1,127
	$ZnSO_4$	2,264 2,662	3,40 4,442	5,664 7,104	1,440
	$MgSO_4$	2,264 2,662	2,607 2,98	4,871 5,642	0,771
	$CaSO_4$	2,264 2,662	2,927 3,0	5,191 5,662	0,471
	$NaNO_6$	2,264 2,101	2,096 2,466	4,360 4,567	0,207
	$AgNO_6$	2,264 2,101	4,313 6,07	6,577 8,171	1,594
	$BaNO_6$	2,264 2,101	3,19 4,30	5,454 6,401	0,947
	$SrNO_6$	2,264 2,101	2,89 3,62	5,154 5,721	0,567

1.	2.	3.	4.	5.	6.
KCO_3	$PbNO_6$	2,264 2,101	4,34 6,47	6,604 8,571	1,967
	$NaCl$	2,264 1,994	2,15 2,466	4,414 4,460	0,046
	$PbCl$	2,264 1,994	5,34 6,47	7,604 8,464	0,860
	$BaCl$	2,264 1,994	3,7 4,3	5,964 6,294	1,330
	$SrCl$	2,264 1,994	2,8 3,62	5,064 5,614	0,550
	$CaCl$	2,264 1,994	1,92 3,0	4,184 4,994	0,810
$NaCO_3$	$AgSO_4$	2,466 2,631	5,341 6,07	7,807 8,701	0,894
	$ZnSO_4$	2,466 2,631	3,40 4,442	5,866 7,073	1,207
	$MgSO_4$	2,466 2,631	2,607 2,98	5,073 5,611	0,538
	$CaSO_4$	2,466 2,631	2,927 3,0	5,393 5,631	0,238
	$AgNO_6$	2,466 2,096	4,313 6,07	6,779 8,166	1,387
	$BaNO_6$	2,466 2,096	3,19 4,30	5,656 6,396	0,740
	$SrNO_6$	2,466 2,096	2,89 3,62	5,356 5,716	0,360
	$PbNO_6$	2,466 2,096	4,34 6,47	6,806 8,566	1,760
	$PbCl$	2,466 2,15	5,34 6,47	7,806 8,62	0,814
	$BaCl$	2,466 2,15	3,7 4,3	6,166 6,45	0,284
	$SrCl$	2,466 2,15	2,8 3,62	5,266 5,77	0,504
	$CaCl$	2,466 2,15	1,92 3,0	4,386 5,15	0,764
KSO_4	$AgNO_6$	2,662 2,101	4,313 5,341	6,975 7,442	0,467
	$BaNO_6$	2,662 2,101	3,19 4,53	5,852 6,631	0,779
	$SrNO_6$	2,662 2,101	2,89 3,588	5,552 5,689	0,137
	$PbNO_6$	2,662 2,101	4,34 6,3	7,002 8,401	1,399
	$PbCl$	2,662 1,994	5,34 6,3	8,002 8,294	0,292
	BaC	2,662 1,994	3,7 4,53	6,362 6,524	0,162
	$SrCl$	2,662 1,994	2,8 3,588	5,462 5,582	0,120

1.	2.	3.	4.	5.	6.	
KSO_4	$CaCl$	2,662	1,92	4,582	0,339	
		1,994	2,927	4,921		
$NaSO_4$	KNO_6	2,631	2,101	4,732	0,026	
		2,096	2,662	4,758		
	$AgNO_6$	2,631	4,313	6,944	0,493	
		2,096	5,341	7,437		
	$BaNO_6$	2,631	3,19	5,821	0,805	
		2,096	4,53	6,626		
	$SrNO_6$	2,631	2,89	5,521	0,163	
		2,096	3,588	5,684		
	$PbNO_6$	2,631	4,34	6,971	1,425	
		2,096	6,3	8,396		
	KCl	2,631	1,994	4,625	0,187	
		2,15	2,662	4,812		
	$PbCl$	2,631	5,34	7,971	0,479	
		2,15	6,3	8,45		
	$BaCl$	2,631	3,7	6,331	0,349	
		2,15	4,53	6,68		
	$SrCl$	2,631	2,8	5,431	0,307	
		2,15	3,588	5,738		
	$CaCl$	2,631	1,92	4,551	0,526	
		2,15	2,927	5,077		
$AgSO_4$	$BaNO_6$	5,341	3,19	8,531	0,312	
		4,313	4,53	8,843		
	$SrNO_6$	5,341	2,89	8,231	0,330	—
		4,313	3,588	7,901		
	$PbNO_6$	5,341	4,34	9,681	0,932	
		4,313	6,3	10,613		
	$PbCl$	5,341	5,34	10,681	1,189	
		5,57	6,3	11,87		
	$BaCl$	5,341	3,7	9,041	1,059	
		5,57	4,53	10,10		
	$SrCl$	5,341	2,8	8,141	1,017	
		5,57	3,588	9,158		
	$CaCl$	5,341	1,92	7,261	1,236	
		5,57	2,927	8,497		
	KCl	5,341	1,994	7,335	0,897	
		5,57	2,662	8,232		
	$NaCl$	5,341	2,15	7,491	0,710	
		5,57	2,631	8,201		
	KBr	5,341	2,41	7,751	1,261	
		6,35	2,662	9,012		
	KJ	5,341	2,908	8,249	0,027	
		5,614	2,662	8,276		
$CaSO_4$	$PbCl$	2,927	5,34	8,267	0,047	—
		1,92	6,3	8,22		
	$BaCl$	2,927	3,7	6,627	0,177	—
		1,92	4,53	6,45		
	$SrCl$	2,927	2,8	5,727	0,219	—
		1,92	3,588	5,508		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	
NH_4NO_6	K Cl	1,579 1,53	1,994 2,101	3,573 3,631	0,058	
	Ba Cl	1,579 1,53	3,7 3,19	5,279 4,72	0,559	—
	Sr Cl	1,579 1,53	2,8 2,89	4,379 4,42	0,041	
KNO_6	Ba Cl	2,101 1,994	3,7 3,19	5,801 5,184	0,617	—
	Sr Cl	2,101 1,994	2,8 2,89	4,901 4,884	0,017	—
$NaNO_6$	NH_4Cl	2,096 2,15	1,53 1,579	3,626 3,729	0,103	
	K Cl	2,096 2,15	1,994 2,101	4,090 4,251	0,161	
	Ba Cl	2,096 2,15	3,7 3,19	5,796 5,34	0,456	—
	Sr Cl	2,096 2,15	2,8 2,89	4,896 5,04	0,144	
$AgNO_6$	Pb Cl	4,313 5,57	5,34 4,34	9,653 9,91	0,254	
	Ba Cl	4,313 5,57	3,7 3,19	8,013 8,76	0,747	
	Sr Cl	4,313 5,57	2,8 2,89	7,113 8,46	1,347	
	NH_4Cl	4,313 5,57	1,53 1,579	5,843 7,149	1,306	
	K Cl	4,313 5,57	1,994 2,101	6,307 7,671	1,364	
	Na Cl	4,313 5,57	2,15 2,096	6,463 7,666	1,203	
	K Br	4,313 6,35	2,41 2,101	6,723 8,451	1,728	
	K J	4,313 5,614	2,908 2,101	7,221 7,715	0,494	
$SrNO_6$	Ba Cl	2,89 2,8	3,7 3,19	6,59 5,99	0,60	—
$PbNO_6$	Ba Cl	4,34 5,34	3,7 3,19	8,04 8,53	0,49	
	Sr Cl	4,34 5,34	2,8 2,89	7,14 8,23	1,09	
	NH_4Cl	4,34 5,34	1,53 1,579	5,87 6,919	1,049	
	Na Cl	4,34 5,34	2,15 2,096	6,49 7,436	0,946	
	K Cl	4,34 5,34	1,994 2,101	6,334 7,441	1,107	
	K Br	4,34 6,63	2,41 2,101	6,75 8,731	1,981	
	K J	4,34 6,11	2,908 2,101	7,248 8,211	0,963	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	
$PbCl$	KBr	5,34	2,41	7,75	0,874	
		6,63	1,994	8,624		
	KJ	5,34	2,908	8,248	0,144	—
		6,11	1,994	8,104		
	$HgBr$	5,34	5,92	11,26	0,763	
		6,63	5,403	12,033		
	HgJ	5,34	6,20	11,54	0,027	—
		6,11	5,403	11,513		
$HgCl$	KBr	5,403	2,41	7,813	0,101	
		5,92	1,994	7,914		
	KJ	5,403	2,908	8,311	0,117	—
		6,20	1,994	8,194		
$HgBr$	KJ	5,92	2,908	8,828	0,218	—
		6,20	2,41	8,61		
$KCrO_4$	$PbNO_6$	2,64	4,34	6,98	1,125	
		2,101	6,004	8,105		
	$PbCl$	2,64	5,34	7,98	0,018	
		1,994	6,004	7,998		

Tabelle IV.

Da diese Tabelle sich von der vorhergehenden blofs dadurch unterscheidet, dafs an die Stelle des specifischen Gewichtes das Atomvolumen tritt, so bedarf es hier keiner weiteren Erörterung.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	
KCO_3	$NaSO_4$	382	337	719	41	
		409	269	678		
	$AgSO_4$	382	365	747	54	
		409	284	693		
	$ZnSO_4$	382	296	678	93	
		409	176	585		
	$MgSO_4$	382	288	670	84	
		409	177	586		
	$CaSO_4$	382	290	672	55	
		409	208	617		
	$NaNO_6$	382	507	889	18	
		602	269	871		
	$AgNO_6$	382	493	875	11	—
		602	284	886		
	$BaNO_6$	382	512	894	5	
		602	287	889		
	$SrNO_6$	382	458	840	17	—
		602	255	857		
	$PbNO_6$	382	477	859	1	—
		602	258	860		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	
$K\,CO_3$	$Na\,Cl$	382	340	722	14	—
		467	269	736		
	$Pb\,Cl$	382	326	708	17	—
		467	258	725		
	$Ba\,Cl$	382	352	734	20	—
		467	287	754		
	$Sr\,Cl$	382	354	736	14	
		467	255	722		
	$Ca\,Cl$	382	361	743	68	
		467	208	675		
$Na\,CO_3$	$Ag\,SO_4$	269	365	634	13	
		337	284	621		
	$Zn\,SO_4$	269	296	565	52	
		337	176	513		
	$Mg\,SO_4$	269	288	557	43	
		337	177	514		
	$Ca\,SO_4$	269	290	559	14	
		337	208	545		
	$Ag\,NO_6$	269	493	762	29	—
		507	284	791		
	$Ba\,NO_6$	269	512	781	13	—
		507	287	794		
	$Sr\,NO_6$	269	458	727	35	—
		507	255	762		
	$Pb\,NO_6$	269	477	746	19	—
		507	258	765		
	$Pb\,Cl$	269	326	595	3	—
		340	258	598		
	$Ba\,Cl$	269	352	621	6	—
		340	287	627		
	$Sr\,Cl$	269	354	623	28	
		340	255	595		
	$Ca\,Cl$	269	361	630	82	
		340	208	548		
$K\,SO_4$	$Ag\,NO_6$	409	493	902	65	—
		602	365	967		
	$Ba\,NO_6$	409	512	921	3	—
		602	322	924		
	$Sr\,NO_6$	409	458	867	55	—
		602	320	922		
	$Pb\,NO_6$	409	477	886	16	—
		602	300	902		
	$Pb\,Cl$	409	326	735	32	—
		467	300	767		
	$Ba\,Cl$	409	352	761	28	—
		467	322	789		
	$Sr\,Cl$	409	354	763	24	—
		467	320	787		
	$Ca\,Cl$	409	361	770	13	
		467	290	757		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	
$NaSO_4$	KNO_6	337	602	939	23	
		507	409	916		
	$BaNO_6$	337	512	849	20	
		507	322	829		
	$SrNO_6$	337	458	795	32	—
		507	320	827		
	$PbNO_6$	337	477	814	7	
		507	300	807		
	KCl	337	467	804	55	
		340	409	749		
	$PbCl$	337	326	663	23	
		340	300	640		
	$BaCl$	337	352	689	27	
		340	322	662		
	$SrCl$	337	354	691	31	
		340	320	660		
	$CaCl$	337	361	698	68	
		340	290	630		
$AgSO_4$	$BaNO_6$	365	512	877	62	
		493	322	815		
	$SrNO_6$	365	458	823	10	
		493	320	813		
	$PbNO_6$	365	477	842	49	
		493	300	793		
	$PbCl$	365	326	691	69	
		322	300	622		
	$BaCl$	365	352	717	73	
		322	322	644		
	$SrCl$	365	358	719	77	
		322	320	642		
	$CaCl$	365	361	726	114	
		322	290	612		
	KCl	365	467	832	101	
		322	409	731		
	$NaCl$	365	340	705	46	
		322	337	659		
	KBr	365	618	983	204	
		370	409	779		
	KJ	365	714	1079	147	
		523	409	932		
$AgSO_4$	$PbCl$	290	326	616	45	—
		361	300	661		
	$BaCl$	290	352	642	41	—
		361	322	683		
	$SrCl$	290	354	644	37	—
		361	320	681		
NH_4NO_6	KCl	632	467	1099	60	
		437	602	1039		
	$BaCl$	632	352	984	35	
		437	512	949		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	
NH_4NO_6	SrCl	632	354	986	91	
		437	458	895		
KNO_6	BaCl	602	352	954	25	—
		467	512	979		
	SrCl	602	354	956	31	
		467	458	925		
$NaNO_6$	NH_4Cl	507	437	944	28	—
		340	632	972		
	KCl	507	467	974	32	
		340	602	942		
	BaCl	507	352	859	7	
		340	512	852		
	SrCl	507	354	861	63	
		340	458	798		
$AgNO_6$	PbCl	493	326	819	20	
		322	477	799		
	BaCl	493	352	845	11	
		322	512	834		
	SrCl	493	354	847	67	
		322	458	780		
	NH_4Cl	493	437	930	24	—
		322	632	954		
	KCl	493	467	960	36	
		322	602	924		
	NaCl	493	340	833	4	
		322	507	829		
	KBr	493	618	1111	139	
		370	602	972		
	KJ	493	714	1207	82	
		523	602	1125		
$SrNO_6$	BaCl	458	352	810	56	—
		354	512	866		
$PbNO_6$	BaCl	477	352	829	9	—
		326	512	838		
	SrCl	477	354	831	47	
		326	458	784		
	NH_4Cl	477	437	914	44	—
		326	632	958		
	NaCl	477	340	817	16	—
		326	507	833		
	KCl	477	467	944	16	
		326	602	928		
	KBr	477	618	1095	147	
		346	602	948		
	KJ	477	714	1191	118	
		471	602	1073		
PbCl	KBr	326	618	944	131	
		346	467	813		
	KJ	326	714	1040	102	
		471	467	938		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	
Pb Cl	Hg Br	326	380	706	47	
		346	313	659		
	Hg J	326	457	783	1	—
		471	313	784		
Hg Cl	K Br	313	618	931	84	
		380	467	847		
	K J	313	714	1027	103	
		457	467	924		
Hg Br	K J	380	714	1094	19	
		457	618	1075		
$K Cr O_4$	$Pb NO_6$	461	477	938	1	—
		602	337	939		
	Pb Cl	461	326	787	17	—
		467	337	804		

Tabelle V.

In der zweiten Colonne steht das ursprüngliche Atomvolum, d. h. das Volum, welches ein Atom des isolirten Körpers einnimmt; in der dritten Colonne steht das von Kopp sogenannte eigenthümliche Volum, d. h. das Volum, welches ein Atom desselben Körpers in einer Verbindung einnimmt. Die vierte Colonne giebt den Grad der Verdichtung an, d. h. den Quotienten aus der zweiten Colonne dividirt durch die dritte. Die Volumina selbst sind zum Theil dem schon citirten Werke von Kopp entlehnt. Die einzelnen spec. Gewichte sind der Tabelle von Marchand (Journ. f. prakt. Chemie, Bd. XXXIX) entnommen.

1.	2.	3.	4.	spec. Gew.	Beobachter.
K	490	234	2,1	0,86	Gay-Luss. u. Thenard
Na	291	130	2,24	0,97	do.
Mg	81	40	2,02	1,87	Wöhler
Ca	120	60	2,0	2,13	Kopp, berechnet
Sr	163	108	1,51	3,35	do.
Ba	214	143	1,49	4,0	Clarke

Tabelle VI.

Die zweite Colonne bezeichnet das Volum, welches der Salzbilder in Verbindung mit dem jedesmal dabeistehenden Radikal einnimmt.

	Volum.	Löslichkeit		Temp.	Beobachter.
		eines Gewichtstheils.	eines Atoms.		
$Zn\,SO_4$	238	2,07	2,77	10°	Poggiale
Cu —	235				
Ag —	235	87	226		Wenzel
Pb —	186	13000	32800	15	Kremers
$Ag\,NO_6$	363	1	2,8		
Pb —	363	1,989	5,48		
$Ag\,CO_3$	154	31978	73464	15	Kremers
Pb —	144	50551	112407	15	Fresenius
Zn —	118	20895	21746	15	Kremers
Hg Cl	219	18,5	41,7	14	J. Davy
Pb —	212	135	312	12 ,5	Bischof
Ag —	192				
Hg Br	287	94	282	9	Lassaigne
Pb —	232				
Ag —	240				
Hg J	364	150	567		Saladin
Pb —	357	1235	4738		Denot
Ag —	393				

Tabelle VII.

Es hat diese Tabelle ganz dieselbe Anordnung wie die vorige.

	Volum.	Löslichkeit		Temp.	Beobachter.
		eines Gewichtstheils.	eines Atoms.		
$Zn\,SO_4$	238	2,07	2,77	10°	Poggiale
Mg —	237	3,04	3,04	15	Gay-Luss.
Na —	236	8,52	10,07	13 ,3	Poggend.
K —	235	9,12	13,22	15	Gay-Luss.
Cu —	235				
Ag —	235	87	226		Wenzel
Ca —	220	415	470	20	Poggiale
Sr —	190	5345	8179	15	Kremers.
Pb —	186	13000	32800	15	do.
Ba —	180	43000	83493		
$NH_4\,NO_6$	364	0,502	0,669	18	Karsten
Ag —	363	1	2,8		
Na —	363	1,14	1,61	18 ,5	Kopp

	Volum.	Löslichkeit eines Gewichtstheils.	Löslichkeit eines Atoms.	Temp.	Beobachter.
$PbNO_6$	363	1,989	5,48	17°,5	Karsten
K —	359	4	6,7	16	Riffault
Sr —	358	5	8,8		
Ba —	356	12,5	27,2	15	Gay-Luss.
KCO_3	165	1,06	1,22	20	Poggiale
Na —	164	3,9	3,44	20	do.
Mg —	158	5071	3550	15	Kremers
Ca —	157	12858	10702	15	do.
Sr —	156	12522	15410	15	do.
Ba —	155	12027	19750	15	do.
Ag —	154	31978	73464	15	do.
Pb —	144	50551	112407	15	Fresenius
Zn —	118	20895	21746	15	Kremers
$KCrO_4$	240	2,07	3,36	15	
Pb —	223				
NH_4Cl	233	2,7	2,4	18 ,7	Karsten
Ca —	232				
Na —	231	2,7	2,63	15	Fuchs
K —	230	2,85	3,54	15 ,6	Kopp
Sr —	229				
Ba —	228	2,72	4,7	15	
Hg —	219	18,5	41,7	14	J. Davy
Pb —	212	135	312	12 ,5	Bischof
Ag —	192				
K Br	300				
Hg —	287	94	282	9	Lassaigne
Pb —	232				
Ag —	240				
K J	380	0,709	1,96	16	Baup
Hg —	364	150	567		Saladin
Pb —	357	1235	4738		Denot
Ag —	393				

Tabelle VIII.

Auch in dieser Tabelle ist ganz dieselbe Anordnung getroffen wie in der vorigen.

	Volum.	Löslichkeit eines Gewichtstheils.	Löslichkeit eines Atoms.	Temp.	Beobachter.
$NaNO_6$	144	1,14	1,61	18° 5	Kopp
Cl	109	2,7	2,63	15	Fuchs
CO_3	105	3,9	3,44	20	Poggiale
SO_4	101	8,52	10,07	13 ,3	Poggend.

	Volum.	Löslichkeit eines Gewichtstheils.	eines Atoms.	Temp.	Beobachter.
NH_4 NO_6	268	0,502	0,669	18°	Karsten
Cl	204	2,7	2,4	18 ,7	do.
Mg SO_4	51	3,04	3,04	15	Gay-Luss.
CO_3	19	5071	3550	15	Kremers
Ca Cl	129				
SO_4	70	415	470	20	Poggiale
CO_3	51	12858	10702	15	Kremers
K J	334	0,709	1,96	16	Baup
Br	318				
CO_3	217	1,06	1,22	20	Poggiale.
CrO_4	221	2,07	3,36	15	
Cl	237	2,85	3,54	15 ,6	Kopp
NO_6	243	4	6,7	16	Riffault
SO_4	174	9,12	13,22	15	Gay-Luss.
Sr Cl	125				
NO_6	100	5	8,8		
SO_4	130	5345	8179	15	Kremers
CO_3	99	12522	15410	15	do.
Ba Cl	124	2,72	4,7	15	
NO_6	156	12,5	27,2	15	Gay-Luss.
CO_3	132	12027	19750	15	Kremers
SO_4	142	43000	83493		

Tabelle IX.

Die Einrichtung dieser Tabelle ist dieselbe wie die der Tabelle V. Da indefs hier die Contractionen betrachtet werden, welche die leichten Metalle unter dem Einflusse verschiedener Salzbilder erleiden, so zerfällt dieselbe in eben so viele Gruppen. Bei jeder Gruppe ist der verdichtende Salzbilder angeführt.

1.	2.	3.	4.	spec. Gew.
K SO_4	490	174	2,816	0,86
Na —	291	101	2,881	0,97
Mg —	81	51	1,588	1,87
Ca —	120	70	1,714	2,13
Sr —	163	130	1,254	3,35
Ba —	214	142	1,507	4,0
K CO_3	490	217	2,258	0,86
Na —	291	105	2,771	0,86
Mg —	81	19	4,263	1,87
Ca —	120	51	2,353	2,13
Sr —	163	99	1,646	3,35

1.	2.	3.	4.	spec. Gew.
Ba CO_3	214	132	1,621	4,0
K NO_6	490	243	2,016	0,86
Na —	291	144	2,021	0,97
Sr —	163	100	1,630	3,35
Ba —	214	156	1,372	4,0
K Cl	490	237	2,067	0,86
Na —	291	109	2,670	0,97
Ca —	120	129	0, 93	2,13
Sr —	163	125	1,304	3,35
Ba —	214	124	1,726	4,0

Tabelle X.

Die Atomgewichte sind der Tabelle entlehnt, welche Marchand [1]) entwarf.

	Atomgew.			Atomgew.	
O	8	2.4			
			Mg	12,07	3.4
S	16	4.4			
			Ca	20	5.4
Ti	24,12	6.4			
			Fe	28	7.4
P	32	8.4			
Se	39,62	10.4			
			Sr	43,92	11.4
Mo	47,68	12.4			
			R	52,16	13.4
			U	60	15.4
Te	64,14	16.4			
			Ba	68,55 [2])	17 4
VVo	95,07	24.4	Hg	100	25.4
Br	80	20.4	Ag	108	27.4
			Au	196,66	49.4
			Mn	27,57	7.4
			Th	59,51	15.4

1) Journ. f. pr. Ch. XXXIX.
2) Berz. II, 129.

X. *Neue Methode, den Stickstoff in organischen Substanzen durch Messung seines Volumens quantitativ zu bestimmen; von W. Heintz.*

Wenn ich in dem Folgenden eine neue Methode zur Bestimmung der Quantität des Stickstoffs in organischen Substanzen zu geben beabsichtige, so scheint es angemessen, zunächst die Gründe zu entwickeln, welche mich bewogen haben, die nicht unbedeutende Anzahl der schon bekannten Methoden, noch um eine zu vermehren.

Die Methode von Will und Varrentrapp, so angenehm es ist, dafs sie gestattet, den Stickstoff durch Wägung eines Aequivalents eines leicht genau wägbaren Körpers zu bestimmen, ist bekanntlich nicht in allen Fällen anwendbar. In dem Falle nämlich, wenn der Stickstoff in Form einer Sauerstoffverbindung in dem organischen Körper enthalten ist, wird durch Einwirkung von glühendem Natronkalk nicht die ganze Menge desselben in Ammoniak übergeführt, und da man oft nicht vorher wissen kann, in welcher Form derselbe in einer zu untersuchenden Substanz enthalten ist, so kann die Anwendung dieser Methode zu höchst wesentlichen Fehlern führen.

Alle Methoden, welche bis jetzt angegeben worden sind, um den Stickstoff als Gas aufzufangen und zu messen besitzen nicht den Grad der Genauigkeit, welchen zu erreichen man bestrebt seyn mufs. Allen den Methoden, welche darauf ausgehen, das Volumverhältnifs der bei der Verbrennung gebildeten Kohlensäure und des Stickstoffs zu bestimmen, haftet ein doppelter Versuchsfehler an, einmal der, welcher bei der Bestimmung des Volumverhältnisses jener beiden Gase unvermeidlich ist, dann der, welcher bei der Bestimmung des Kohlenstoffs gemacht worden ist. Denn durch jenen Versuch erhält man unmittelbar eben nur das Gewichtsverhältnifs des Kohlenstoffs und Stickstoffs. Um zu berechnen, wie viel Procente dieses Ele-

mentes in der organischen Substanz enthalten sind, bedarf man des procentischen Gehaltes derselben an Kohlenstoff. Der bei der Bestimmung desselben gemachte Fehler geht daher durch diese Rechnung nothwendig auf das Resultat der Bestimmung des Stickstoffs mit über.

Ich will hier nicht darauf eingehen, anzugeben, welche Fehler aufserdem noch jeder einzelnen der bisher vorgeschlagenen Methoden, das Volumverhältnifs des aus einer gegebenen Substanz erzeugten kohlensauren- und Stick-Gases zu bestimmen, anhaften. Es sey genug, angedeutet zu haben, dafs sich stets zwei Versuchsfehler bei Bestimmung des letzteren nach einer dieser Methoden häufen.

Die Methode von Dumas, welche neben der Abänderung derselben von Liebig die einzige ist, welche sich zum Ziele setzt, das Volumen des Stickstoffs in der organischen Substanz direct zu messen, um daraus unmittelbar das Gewicht desselben zu berechnen, unterliegt mehrfachen Unvollkommenheiten. Bekanntlich wird nach Dumas das Verbrennungsrohr dadurch von aller Luft befreit, dafs eine am hinteren, zugeschmolzenen Ende desselben befindliche Schicht zweifach kohlensauren Natrons erhitzt wird. Die dadurch entwickelte Kohlensäure soll die Luft verdrängen. Diefs geschieht aber nicht vollkommen. Deshalb hat schon Liebig diese Methode dadurch zu verbessern gesucht, dafs er die Luftpumpe mit zur Hülfe nahm. Mit dem Verbrennungsrohr wird darnach ein dreischenkliges Rohr verbunden, dessen einer Schenkel mit dem Verbrennungsrohr durch einen gut schliefsenden Kork, dessen zweiter mit einer guten Handluftpumpe, und dessen dritter durch ein Kautchoukrohr mit einem Gasleitungsrohr verbunden ist. Der senkrechte Schenkel dieses letzteren mufs mindestens 29 Zoll Länge haben. Nachdem man das Rohr luftleer gemacht hat, wodurch das Quecksilber, womit die Mündung des Gasleitungsrohrs gesperrt wird, in dasselbe hineingesogen wird, erhitzt man das doppelt kohlensaure Natron gelinde, wodurch das Quecksilber wieder sinkt. Das Auspumpen und Kohlensäure-

ent

entwickeln wiederholt man so oft, bis man glaubt, die Luft gänzlich entfernt zu haben. Dann wird der Schenkel des dreischenkligen Rohrs, welches mit der Luftpumpe in Verbindung war, abgeschmelzt.

Diese Methode umfaſst immer noch einige Fehlerquellen. Einmal kann man nicht überzeugt seyn, daſs selbst bei vollkommen gut construirtem Apparate wirklich die ganze Menge der Luft aus dem Rohre entfernt ist, schon weil man nicht sicher seyn kann, ob nicht Theile desselben, namentlich die Luftpumpe selbst, deren Güte man freilich vorher geprüft haben kann, während des Pumpens fehlerhaft geworden sind. Dann aber ist in dem abgeschmolzenen Ende des dreischenkligen Rohrs ein Raum, durch den der Kohlensäurestrom, der nach der Verbrennung den auch hier angesammelten Stickstoff austreiben soll, nicht hindurchdringt. Erst durch Diffusion kann dieses Gas hier allmälig entfernt werden. Wäre das auch nicht, so würde die Kohlensäure dennoch nicht die ganze Menge des Stickstoffs austreiben können, so wenig es möglich ist, dadurch die Luft des Apparates vor der Verbrennung daraus zu entfernen. Endlich in den Fällen, in welchen die organische Substanz durch das Kupferoxyd allein nicht vollständig verbrannt werden kann, tritt noch ein Fehler ein, der dadurch bedingt ist, daſs die nicht verbrennende Kohle noch wesentliche Mengen Stickstoff enthalten kann. Es sind gerade die stickstoffhaltigen organischen Körper, denen jene Eigenschaft zugehört.

Um alle diese Mängel zu vermeiden habe ich die folgende Methode ersonnen und geprüft.

Zu der Verbrennung der Substanz dient ein vorher innen und auſsen sorgfältig gereinigtes Rohr von schwer schmelzbarem Glase, dessen eines Ende in ein kurzes dünnes Rohr ausgezogen ist. An der Stelle, wo dieses beginnt, ist es besonders verengt, so daſs es hier leicht abgeschmelzt werden kann. Man muſs ferner dafür sorgen, daſs beim Ausziehen des Rohrs, dieses engere Rohr nicht in der Verlängerung der Axe desselben, sondern in der

Verlängerung der Rohrwand selbst zu stehen kommt. Das Verbrennungsrohr hat demnach etwa die Form der auf (Fig. 3 Taf. II.) abgebildeten Figur. Die Länge des dickeren Theils des Rohrs (*a*) beträgt etwa 22 bis 24 Zoll.

Ist das Rohr so vorgerichtet, so wägt man es auf einer Waage, die nicht sehr genau zu seyn braucht. Darauf verschliefst man die Oeffnung des ausgezogenen Endes desselben entweder durch geschmolzenen Siegellack, oder durch Anfügen eines mit einem Glasstab verschlossenen Kautschuckrohrs, und füllt es bis an den Rand mit Quecksilber. Das Quecksilber giefst man in eine vorher tarirte Schale und wägt es gleichfalls auf einer Waage, deren Empfindlichkeit nur so weit geht, dafs man selbst bei stärkerer Belastung mit Sicherheit noch Grammen wägen kann. Ist diefs geschehen, so bringt man das Rohr wieder in seinen vorigen Zustand, und füllt es auf folgende Weise. Etwa 2 Zoll des Endes desselben (Fig. 4 Taf. II.), welches der ausgezogenen Spitze zunächst liegt, wird mit Kryställchen von zweifach kohlensaurem Natron gefüllt. Darauf bringt man einen kleinen Pfropfen von ausgeglühtem Asbest (*c*), der jedoch einerseits die Luft gut durchlassen, andererseits den erwähnten Krystallen so viel Spielraum geben mufs, dafs der sich verengende Theil des Verbrennungsrohrs fast ganz frei von denselben wird, sobald man es so wendet, dafs sie auf den Asbest aufliegen. Darauf bringt man eine gewogene Menge vorher geschmolzenen chlorsauren Kalis (*d*) in das Rohr, die nicht ganz aber fast ganz hinreicht, um den Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Substanz vollständig zu verbrennen. Man findet am besten die Menge des anzuwendenden chlorsauren Kalis, wenn man berechnet, wie viel Kohlenstoff und Wasserstoff in Grammen die zu der Stickstoffbestimmung anzuwendende Menge Substanz enthält, was mit Hülfe einer vorher ausgeführten Bestimmung dieser Elemente leicht gelingt. Es läfst sich dann auch leicht berechnen, wie viel Sauerstoff diese Mengen Kohlenstoff und Wasserstoff bedürfen, um in Kohlensäure und Wasser

verwandelt zu werden. Von dieser Sauerstoffmenge mufs jedoch noch die abgezogen werden, welche in der Substanz selbst enthalten ist. Diese kennt man jedoch noch nicht, da man die Menge des Stickstoffs noch nicht ermittelt hat. Da man jedoch weniger chlorsaures Kali in das Rohr bringen soll, als zur vollständigen Verbrennung der organischen Substanz nöthig seyn würde, so kann man die Summe des Sauerstoffs und Stickstoffs von jener Sauerstoffmenge abziehen. Da nun bekannt ist, dafs ein Aequivalent chlorsaures Kali sechs Aequivalente Sauerstoff liefert, so ist es leicht zu ermitteln, welche Menge dieses Salzes die berechnete Menge Sauerstoff zu liefern im Stande ist.

Auf dieses chlorsaure Kali bringt man wieder einen lockeren Pfropf (*c'*) von ausgeglühtem Asbest. Dann folgt etwa eine zwei Zoll lange Schicht frisch geglühten noch warmen Kupferoxyds (*f*), worauf man die Mengung der gewogenen organischen Substanz mit Kupferoxyd, die etwa zwei bis drei Zoll der Länge des Rohrs einnehmen mufs (*g*), aufschüttet. Diese Mischung geschieht am besten auf die Weise, dafs man zuerst eine etwa 1½ Zoll lange Schicht Kupferoxyd, dann die in einem engen verschliefsbaren Röhrchen gewogene Substanz unmittelbar aus demselben aufschüttet, und obenauf wieder Kupferoxyd bringt. Mit einem am einen Ende korkzieherförmig gebogenen Draht, welchen man abwechselnd in das Kupferoxyd eindreht und wieder hebt, gelingt es die Mischung hinreichend vollständig zu bewerkstelligen. Ist diefs geschehen, so wird wieder ein möglichst dichter doch die Luft gut durchlassender Asbestpfropf (*c''*) vorgelegt und nun eine etwa sechs Zoll lange Schicht Kupferoxyd (*f'*) aufgeschüttet. Die folgenden drei Zolle des Verbrennungsrohrs nehmen durchgeglühte und durch Wasserstoffgas wieder in metallisches Kupfer zurückgeführte Kupferdrehspähne (*k*) ein, auf welche von Neuem ein diefsmal etwa 1½ Zoll langer sehr loser Asbestpfropf (*c'''*) folgt. Von hier ab bis etwa einen Zoll von der Mündung füllt man das Rohr mit frisch geschmolzenem noch

warmem Kalihydrat (*m*). Dieses mufs etwa vier Zoll der Länge des Rohrs einnehmen. Es wird durch einen Asbestpfropf (*c'''*) etwas festgestellt.

In die Oeffnung des Verbrennungsrohrs wird nun durch einen durchbohrten Kork ein möglichst genau rechtwinklig gebogenes Gasleitungsrohr *o* befestigt, welches mindestens 29 Zoll Länge haben und am anderen Ende so umgebogen seyn mufs, dafs man das ausströmende Gas mit Sicherheit in einer graduirten Glocke auffangen kann. Damit aber jener Kork vollkommen luftdicht schliefse, verfahre ich auf folgende Weise. Die Durchbohrung des Korks wird mit geschmolzenem Siegellack gefüllt, das Ende des Gasleitungsrohrs schnell heifs gemacht, gleichfalls mit Siegellack bestrichen, und darauf in diese Durchbohrung hineingedrückt. Darauf überzieht man den Theil des Korks, welcher in das Verbrennungsrohr hineingetrieben werden soll, mit geschmolzenem Siegellack, sorgt aber dafür, dafs die Oeffnung des Gasleitungsrohrs dadurch nicht verstopft werde. Man erhitzt dann die Oeffnung des Verbrennungsrohrs gelinde und prefst den Kork in dieselbe ein. Man giebt dem Gasleitungsrohr eine solche Lage, dafs wenn es nach unten gerichtet ist, auch die schief ausgezogene Spitze am anderen Ende des Verbrennungsrohrs nach unten geneigt ist. Ist diefs geschehen, so überzieht man den Kork noch vollständig mit geschmolzenem Siegellack.

Darauf verbindet man die ausgezogene Spitze des Verbrennungsrohrs durch ein Kautschuckrohr mit einem Wasserstoffentwicklungsapparate, durch welchen man mindestens eine oder besser zwei Stunden lang einen ziemlich schnellen Strom von Wasserstoffgas durch das Verbrennungsrohr leitet, während die offene Mündung des Gasleitungsrohrs unter Quecksilber taucht. Will man die Füllung des Apparates mit Wasserstoff schneller erreichen, so wählt man einen Apparat zur Entwickelung dieses Gases, der etwa die Form eines Döbereiner'schen Platinfeuerzeuges hat, aber freilich weit bedeutendere Dimensionen besitzt. Ich bediene mich dazu eines etwa 20 Zoll hohen und 9 Zoll wei-

ten Glascylinders, der mit einer Messingscheibe bedeckt wird, in welchem eine in den Cylinder herabreichende Glasglocke eingekittet ist. Auf einem Dreifuſs von Blei, welcher bis in die Glocke hineinragt, steht in dem Cylinder ein am Boden durchbohrtes Glasgefäſs, welches zur Aufnahme von Zinkstückchen dient. Man füllt das cylindrische Gefäſs mit verdünnter Schwefelsäure bis etwa einen Zoll unter dem Rande desselben und öffnet den in der Mitte der hier durchbohrten Messingscheibe angebrachten Hahn. Dadurch tritt die Luft zum Theil aus der Glocke aus. Um sie aber möglichst vollständig zu entfernen, verbindet man jene Hahnöffnung mit einer guten Handluftpumpe, und saugt die verdünnte Schwefelsäure in der Glocke so weit hinauf, daſs sie fast ganz damit gefüllt erscheint. Darauf schlieſst man den Hahn, bis die Glocke wieder mit Gas gefüllt ist, worauf man dieselbe Operation noch einmal wiederholt. Ist die Glocke wieder mit Wasserstoffgas gefüllt, so läſst man den Hahn noch einige Zeit offen, um die letzten Spuren Luft durch Wasserstoffgas verdrängen zu lassen. Den so vorgerichteten Apparat, der Fig. 4 Taf. II. *p, p* abgebildet ist, verbindet man dann mit dem Verbrennungsrohre, und das offene Ende des Gasleitungsrohrs mit einem mit der Handluftpumpe (*q*) verbundenen Rohre. Diese Verbindung taucht man unter Quecksilber. Man pumpt nun, während der Hahn des Wasserstoffgasentwicklungsapparates geschlossen ist, die Luft aus dem Apparate aus, schlieſst den Hahn der Luftpumpe, und läſst durch vorsichtiges Oeffnen jenes Hahnes langsam Wasserstoffgas in denselben ausströmen. Diese Operation wiederholt man 5- bis 6mal, worauf man den Kautschuckverband unterhalb des Quecksilbers löst, während der Hahn des Gasentwicklungsapparats geöffnet ist. Hierdurch wird mit Sicherheit verhindert, daſs bei dieser Operation auch nur eine Spur Luft in den Apparat gelangen kann.

Jetzt muſs das ausgezogene Ende des Verbrennungsrohrs abgeschmelzt werden. Durch gelinde Stöſse gegen dieselbe sucht man das zweifach kohlensaure Natron von

der zu erhitzenden Stelle zu entfernen. Darauf schliefst man den Hahn des Wasserstoffentwicklungsapparats, wenn man sich eines solchen von der Form der Döbereiner'schen Platinfeuerzeuge bedient hat, oder man schnürt das Kautschuckrohr, wodurch das Verbrennungsrohr mit dem Gasentwicklungsapparate von gewöhnlicher Form verbunden war, zu, und öffnet schnell den Kork dieses Apparats, weil sonst die verdünnte Säure aus dem Trichter herausgetrieben werden würde. Darauf erwärmt man das Verbrennungsrohr an der Stelle, wo das reine Kupferoxyd und das Kupfer sich befindet, ein wenig, bis einige Gasblasen durch das Quecksilber ausgetrieben worden sind, und läfst es wieder erkalten. Sobald durch die Abkühlung der Luft in dem Rohre das Quecksilber so weit in das Gasentwicklungsrohr hineingetrieben worden ist, dafs seine Oberfläche in demselben einen höheren Stand einnimmt als aufserhalb, so schmelzt man die ausgezogene Spitze des Verbrennungsrohrs möglichst nahe an der Stelle, wo das zweifach kohlensaure Natron sich befindet, mittelst der Löthrohrflamme ab. Hätte man nicht vorher den Druck in dem Apparate geringer gemacht, als der Druck von Aufsen auf das Rohr beträgt, so würde es unfehlbar ausgeblasen worden seyn, durch gelindes Klopfen gegen das Verbrennungsrohr sucht man das zweifach kohlensaure Natron möglichst in die ausgezogene Spitze hineinzutreiben.

Ist diefs geschehen, so mufs zunächst das Wasserstoffgas aus dem Apparate entfernt werden. Diefs geschieht dadurch, dafs man das Kupferoxyd erhitzt. Anfangs treten einige Gasblasen durch das Quecksilber aus, dann aber, sobald das Kupferoxyd so heifs geworden ist, dafs es durch den Wasserstoff unter Wasserbildung zu Kupfer reducirt werden kann, beginnt es in dem Gasleitungsrohr aufzusteigen. Man erhitzt so lange, bis der Stand des Quecksilbers in demselben sich nicht mehr ändert. Darauf entfernt man die Wärmequelle, und läfst den Apparat stehen, bis er ganz kalt geworden ist. Dadurch mufs das Quecksilber noch etwas höher steigen. Sollte es statt dessen all-

mälig sinken, so wäre der Apparat nicht luftdicht. Dieser Fall tritt aber, wenn nicht etwa das Rohr bei der Erhitzung gesprungen war, niemals ein, wenn man das Gasleitungsrohr in der oben genau beschriebenen Weise sorgfältig eingekittet hat. Sobald der Stand des Quecksilbers sich nicht mehr ändert, stellt man das Gasleitungsrohr möglichst senkrecht, klemmt es, so wie das Verbrennungsrohr an der Stelle, wo sich das kaustische Kali befindet, in der zur Verbrennung geeigneten Lage fest, und befestigt eine kleine mit einer Stahlspitze versehene Messingklemme (*r*) durch eine Schraube so an das Gasleitungsrohr, daſs die Spitze gerade die Oberfläche des Quecksilbers berührt. Den oberen Stand des Quecksilbers markirt man durch eine ähnliche aber nicht mit einer Stahlspitze versehene Messingklemme (*s*). Der Ränder derselben bedient man sich als Diopter. Gleichzeitig notirt man den Barometerstand.

Hierauf beginnt die Verbrennung der Substanz, zu welcher man sich der Kohlen, oder besser einer geeignet eingerichteten Verbrennungslampe bedienen kann. Vorher muſs man jedoch eine in Kubikcentimeter getheilte, zum gröſsten Theil mit Quecksilber gefüllte, gleichzeitig aber etwa 15 bis 20 Kubikcentimeter starker Kalilauge enthaltende luftleere Glocke von solcher Weite über die Mündung des Gasleitungsrohrs gestürzt haben, daſs die Kubikcentimeter ausdrückenden Theilstriche etwa einen viertel Zoll von einander entfernt sind.

Zuerst bringt man das metallische Kupfer und das Kupferoxyd, welches sich zwischen der Mischung und dem kaustischen Kali befindet, ins Glühen. Letzteres schützt man sorgfältig vor der Erhitzung. Dann erst erhitzt man das dem chlorsauren Kali zunächst sich befindende Kupferoxyd, worauf man die Verbrennung der zwischen beiden Wärmequellen befindlichen organischen Substanz von der dem Gasleitungsrohre zugewendeten Seite nach dem hinteren Ende des Rohrs allmälig fortschreiten läſst. Sobald sie beginnt, fängt das Quecksilber in dem Gasleitungsrohr an zu sinken. Diese Verbrennung muſs jedoch äuſserst langsam

geschehen. Da nämlich der gröſste Theil der sich bildenden Kohlensäure von dem sich im Verbrennungsrohr befindenden kaustischen Kali absorbirt wird, so tritt fast nur Stickstoff in die Glocke ein. Man darf daher die Verbrennung nicht so schnell geschehen lassen, daſs die Gasblasen, welche in dieselbe eindringen, in der Geschwindigkeit auf einander folgen, wie bei der Dumas'schen Methode dieſs erlaubt ist. Ist die Menge des Stickstoffs in der organischen Substanz nur gering, so kann der Versuch so geleitet werden, daſs entweder aller erzeugter Stickstoff in dem Verbrennungs- und Gasleitungsrohre bleibt, oder daſs er doch erst gegen das Ende der Verbrennung in die Glocke zu treten beginnt. Je ärmer die Substanz an Stickstoff ist, desto langsamer muſs die Quecksilbersäule im Gasleitungsrohre herabsinken.

Ist endlich die Verbrennung so weit beendet, daſs die Strecke des Rohrs zwischen dem chlorsauren und dem kaustischen Kali vollkommen glüht, so erhitzt man gelinde die Stelle, wo sich das chlorsaure Kali befindet. Sobald das Salz anfängt Gas zu entwickeln, wird das Kupfer, welches sich diesem zunächst befindet, unter lebhaftem Glühen oxydirt. Man ermäſsigt die Erhitzung, und sobald das Erglühen aufhört, verstärkt man sie wieder. Es verwandelt sich allmälig die ganze Menge des Kupfers, welches an der Stelle gebildet worden ist, wo die Substanz sich befunden hatte, in Kupferoxyd; gleichzeitig verbrennt die hier etwa noch befindliche Stickstoff enthaltende Kohle vollständig. Oft, namentlich wenn die Substanz bei ihrer Erhitzung viele flüchtige, noch brennbare Producte gebildet hatte, bemerkt man an dem noch weiter vorschreitenden Erglühen des Kupferoxyds, welches nicht mit der Substanz gemengt worden war, daſs das Wasserstoffgas unabsorbirt bis in diese Gegend vordringen konnte. Hat man aber die richtige Menge chlorsauren Kalis angewendet, so darf nie das metallische Kupfer, welches sich vor dem Kupferoxyde befindet, in heftiges Glühen gerathen. Wenn dieſs nicht der Fall gewesen ist, und man die Entwicklung

des Sauerstoffs nicht ganz übertrieben beschleunigt, so kann dadurch, dafs etwa Sauerstoff mit in die Glocke träte, kein Fehler in die Resultate des Versuches kommen. Dieses Gas wird nämlich schon fast vollständig von dem aus dem Kupferoxyd bei der Verbrennung entstandenen Kupfer absorbirt. Der geringe Theil desselben, welcher diesem etwa entgehen sollte, findet aber, bevor es in die Glocke strömen kann, noch eine drei Zoll lange Schicht metallischen Kupfers. Seine Geschwindigkeit ist selbst bei ziemlich heftiger Entwicklung des Sauerstoffs eine sehr geringe, es kann daher vollständig absorbirt werden.

Glüht auch die Stelle des Rohrs, wo sich das chlorsaure Kali befunden hatte, mit sammt den beiden es einschliefsenden Asbestpfropfen, so erhitzt man sehr allmälig und vorsichtig das zweifach kohlensaure Natron. Diese Vorsicht ist nöthig, damit der im Rohre etwa noch vorhandene nicht gebundene Sauerstoff vollkommen von dem Kupfer absorbirt werden könne. Allmälig erhitzt man jenes Salz stärker, so dafs endlich ein möglichst rascher Kohlensäurestrom in die graduirte Glocke tritt. Hierdurch wird der Stickstoff fast vollständig aus dem Verbrennungsrohr in diese übergeführt.

Ist endlich das zweifach kohlensaure Natron zersetzt, so läfst man das Rohr sehr allmälig erkalten, damit es durch die Abkühlung nicht springt. Dadurch sowohl als auch durch die Absorption der in demselben befindlichen Kohlensäure mittelst des kaustischen Kalis wird das Quecksilber von Neuem in das Gasleitungsrohr getrieben. Gewöhnlich nimmt es endlich sehr nahe dieselbe Stellung ein, welche es vor Beginn der Verbrennung inne gehabt hatte; wäre der Unterschied des Standes bedeutend, betrüge er z. B. mehr als zwei Zoll, so wäre der Versuch als mifsglückt zu betrachten, namentlich, wenn sich aufserdem zeigte, dafs das Quecksilber diesen Stand nicht beibehält, sondern allmälig herabsinkt. Diefs wäre ein Beweis dafür, dafs der Apparat irgend wie während der Verbrennung undicht geworden wäre. Wenn diefs nicht der Fall

wäre, so könnte selbst eine Differenz der Quecksilberstände von zwei Zollen dem Versuche nicht schaden, da der hier angedeutete Fehler des Versuchs eine noch hinreichend genaue Correction zuläfst. Ist der Versuch aber sorgfältig so ausgeführt worden, wie ich ihn eben beschrieben habe, so beträgt in der Regel die Differenz der Quecksilberstände nicht mehr als einige Linien.

Zur Ausführung der so eben angedeuteten Correction bedarf man der schon mehrmals erwähnten Differenz der Länge der Quecksilbersäule in dem Gasleitungsrohre vor Beginn und nach beendeter Verbrennung. Um diese Differenz zu messen, füllt man so viel Quecksilber aus der Quecksilberwanne aus, dafs die Stahlspitze der oben erwähnten Messingklemme genau die Oberfläche desselben berührt. Man kann nun durch einen angehaltenen Maafsstab sehr leicht jene Differenz messen. Die obere Klemme giebt ja den Stand des Quecksilbers vor der Verbrennung an. Der Abstand derselben von der Kuppe des Quecksilbers ist die gesuchte Gröfse. Gleichzeitig bestimmt man den augenblicklichen Barometerstand.

Es kommt nun darauf an, die Differenz der Volume Stickstoff, welche in dem Verbrennungsrohre nach der Absorption des Wasserstoffs und nach Absorption der Kohlensäure zurückgeblieben waren, zu berechnen. Ein anderes Gas, als Stickstoff, kann in beiden Fällen nicht vorhanden gewesen seyn, denn Sauerstoff würde vom Kupfer, Wasserstoff vom Kupferoxyd, Kohlensäure und Wasser vom kaustischen Kali absorbirt worden seyn. Sollte man jedoch der Meinung seyn, dafs der Wasserdampf in diesem Falle noch eine geringe Tension behielte, da sich doch wohl nur eine Auflösung von Kalihydrat in Wasser bilden könnte, dessen Tension schwerlich gleich 0 seyn kann, so habe ich dagegen zu erwiedern, dafs bei einer directen Messung die Differenz zwischen dem Barometerstande und der Höhe des Quecksilbers nach Absorption des Wasserstoffs durch das Kupferoxyd kaum eine Linie betrug. Und sollte auch diese geringe Depression

des Quecksilbers nicht noch im Rohre vorhandenem Stickstoff, sondern der Tension des Wassers in der entstandenen Kalilösung zugeschrieben werden müssen, so würde diefs unserer Correction nicht schädlich werden, da man nur die Differenz zweier Quecksilberstände zu messen hat, welche beide unter dem Einflusse dieser Tension stehen. Die Quecksilberstände können wir daher als allein durch den im Rohre rückständigen Stickstoff bedingt ansehen. So wäre denn die Differenz jener Stickstoffmengen leicht zu berechnen, wenn man das Volumen des Verbrennungsrohrs nach Abzug des Volumens seines Inhaltes kennte. Nennen wir dieses Volumen in Kubikcentimetern a, die Länge der Quecksilbersäulen in dem Gasleitungsrohr vor und nach der Verbrennung Q und q, die entsprechenden Barometerstände B und b, so ist nach dem Mariotte'schen Gesetz $760 : B - Q = a : x$, wenn x das Volumen des Stickstoffs in dem Verbrennungsrohre vor der Verbrennung bei 760 Millimeter Druck bedeutet und $760 : b - q = a : y$, wo mit y das Volumen des nach der Verbrennung im Rohre zurückgebliebenen Stickstoffs bezeichnet ist.

Hieraus folgt: $x = \frac{a(B-Q)}{760}$ und

$$y = \frac{a(b-q)}{760}$$

die Differenz $y - x = \frac{a}{760}\left(b - B - (q - Q)\right)$.

Da $q - Q$ bekannt ist, diese Differenz ist ja direct gemessen worden, da ferner B und b bekannt sind, so ist, wie man sieht, nur noch der Werth von a zu bestimmen. Ehe ich aber darauf übergehe, wie man verfahren mufs, diesen zu berechnen, will ich noch darauf aufmerksam machen, dafs im Falle Q gröfser ist als q, d. h. im Falle der Stand des Quecksilbers vor der Verbrennung höher war, als nach der Verbrennung, $(q - Q)$ einen negativen Werth bekommt. Das Minuszeichen vor dieser Differenz in der Formel mufs in ein Pluszeichen umgewandelt werden. Ist endlich der Werth der ganzen Formel negativ, so mufs das daraus

berechnete Volumen von dem Volum des direct in der in Kubikcentimeter getheilten Glocke gemessenen Stickstoffs abgezogen, ist es positiv, so mufs es hinzugezählt werden.

Um nun das *a*, d. h. das Volumen zu bestimmen, welches das gefüllte Verbrennungsrohr dem Eintritt der Gase zuläfst, mufs man zuerst das Volumen des inneren Raums des leeren Rohrs kennen. Man hat, wie weiter oben angegeben, das Gewicht des Quecksilbers in Grammen bestimmt, welches es ausfüllt. Dividirt man dieses Gewicht mit dem specifischen Gewicht des Quecksilbers 13,6, so erhält das Gewicht des es füllenden Wassers, und da 1 Grm. Wasser den Raum eines Kubikcentimeters einnimmt, auch den Inhalt des Rohrs in Kubikcentimetern. Zwar wird später der ausgezogene Theil desselben abgeschmelzt, und ein anderer Theil des Volumens des Rohrs geht dadurch verloren, dafs ein Kork in dasselbe eingeprefst wird. Dafür kommt aber andererseits bei der Messung des Standes des Quecksilbers in dem Gasleitungsrohr, der Raum desselben, welcher frei von Quecksilber ist, hinzu, so dafs jener Fehler durch diesen nahezu aufgehoben wird. Von dem Volumen des leeren Rohrs mufs aber das der Substanzen, womit es gefüllt worden ist, abgezogen werden, Man findet dieses Volumen, wenn man das Gewicht der Füllung in Grammen mit dem mittleren specifischen Gewicht dieser Füllung dividirt. Ihr Gewicht hat man durch Wägung des leeren und des gefüllten Rohrs ausgemittelt. Es fehlt nur noch das mittlere specifische Gewicht derselben. Diefs ist freilich nicht bekannt. Allein da das Kupferoxyd die ungleich bedeutendste Masse der Füllung ausmacht, neben ihm aber theils specifisch leichtere Substanzen, wie der Asbest, das kaustische Kali, das chlorsaure Kali, das zweifach kohlensaure Natron, theils ein specifisch schwererer Körper, wie das Kupfer, darin enthalten sind, so kann man ohne wesentlichen Fehler das specifische Gewicht des Kupferoxyds 6,4 als das mittlere specifische Gewicht der Füllung des Verbrennungsrohrs ansehen. Durch Division mit 6,4 in das Gewicht dieser Füllung in Grammen

erhält man demnach das Volumen desselben in Kubikcentimetern, und durch Subtraction dieser Gröſse von dem Volumen des leeren Rohrs, gelangt man endlich zu dem Werthe von *a*, und mit Hülfe der obigen Formel auch zu der Differenz der Volumina Stickstoff, welche vor der Verbrennung und nach derselben im Verbrennungsrohr zurückgeblieben waren, welche Gröſse, wie weiter oben angedeutet, entweder zu dem Volume des Stickstoffs, das man in der graduirten Glocke aufgefangen hat, hinzugezählt oder davon abgezogen werden muſs. Zwar müſste eigentlich noch die Temperatur bei Bestimmung jener Volumsdifferenz berücksichtigt werden. Da aber diese selten oder nie mehr als 1 Kubikcentimeter beträgt, so ist klar, daſs der Einfluſs der Temperatur verschwindend klein ist.

Man hat nun noch das Volumen des Stickstoffs in der graduirten Glocke zu bestimmen. Dieſs geschieht, sobald man überzeugt ist, daſs die Kohlensäure vollständig absorbirt ist, indem man ein kleines Schälchen unterhalb des Quecksilbers unter die Mündung derselben schiebt, und, indem man beide fest aneinander drückt, sie in ein hohes mit ausgekochtem und in verschlossenen Flaschen erkaltetem destillirten Wasser gefülltes Cylinderglas einsenkt, worauf man das Schälchen entfernt. Hierdurch wird das Quecksilber und die Kalilauge in der Glocke durch reines Wasser ersetzt. Wendete man anstatt des ausgekochten Wassers lufthaltiges an, so würde, indem die Kalilauge sich mit demselben mischt, diese Luft zum Theil ausgetrieben werden. Ein Theil derselben würde sich allmälig in der Glocke ansammeln und das Volumen der darin enthaltenen Gase vergröſsern. Man miſst nun nach bekannten Methoden das Volumen des Stickstoffs, bestimmt durch ein daneben aufgehängtes Thermometer seine Temperatur und beobachtet gleichzeitig den Stand des Barometers. Nach bekannten Methoden berechnet man dann das Volumen, welches der gemessene feuchte Stickstoff im trocknen Zustande bei 0° C. und 760 Mllm. Druck einnehmen würde. Hierzu addirt, oder hiervon subtrahirt man die Differenz

der Volume Stickstoff, welche vor und nach der Verbrennung im Verbrennungsrohre zurückgeblieben waren, je nachdem vor oder nach derselben der Stand des Quecksilbers in dem Gasentwicklungsrohr höher gewesen war. Um endlich das Gewicht des Stickstoffs in Grammen zu finden, multiplicirt man die gefundene Anzahl Kubikcentimeter mit 0,0012609, dem Gewicht eines Kubikcentimeters Stickstoff bei 0° C. und 760 Mllm. Barometerstand in Grammen.

Die genaue Messung eines Gases über Wasser hat einige Schwierigkeiten, weil das Wasser sich an dem Glase stark in die Höhe zieht, und beide Körper farblos sind. Es ist ziemlich schwer genau zu bestimmen, wo die Gränze des Gasvolumens anzunehmen ist. Und wenn man die dadurch erwachsenden Fehler auch dadurch einigermafsen eliminiren kann, dafs man die Messung des Gases bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenen Barometerständen wiederholt, und aus den so berechneten Procenten des Stickstoffs das Mittel zieht, so ist diese Methode den Fehler zu entfernen, doch unvollkommen. Besser wäre es daher, wenn man die Messung über Quecksilber vornehmen könnte. In der That scheint sich die beschriebene Methode so abändern zu lassen, dafs diefs möglich wird. Statt nämlich in die Glocke vor dem Versuche Kalilauge zu bringen, könnte man sie ganz mit Quecksilber füllen. Nachdem sie in die Quecksilberwanne umgestülpt ist, schiebt man in dieselbe unter Quecksilber das Ende eines Drahts, welches in einer Länge von 1 bis 2 Zoll mit frisch geschmolzenem kaustischen Kali umgeben ist. Die Glocke mufs geräumig seyn, damit die gegen Ende der Verbrennung rasch entwickelte Kohlensäure sie nicht ganz anfülle, wodurch Gefahr eines Verlustes an Stickstoff drohen würde. Nach beendeter Verbrennung läfst man das Gas mit dem Kalihydrat so lange in Berührung bis das Volumen desselben sich nicht mehr ändert. Dann entfernt man das Kalihydrat, indem man den Draht unter Quecksilber aus der Glocke herauszieht, bringt eine andere um einen Draht *geschmolzene* Kalikugel ein, und läfst wieder stehen. Nimmt

das Volumen des Gases nicht mehr ab, so entfernt man auch diese Kugel und mifst auf bekannte Weise das Volumen des Gases über Quecksilber. Da das Gas frei von Feuchtigkeit ist, so hat man nur die durch den Druck und durch die Temperatur bedingten Correctionen damit auszuführen. So empfehlenswerth diese Methode, den Stickstoff zu messen, erscheint, so führt sie doch wieder einen neuen Fehler ein. Es ist nämlich nicht möglich, das Kalihydrat unter Quecksilber in die Glocke zu bringen, ohne dafs zwischen ihm und dem Quecksilber Luft haften bleibt. Zwar entfernt man beim Herausziehen des Kalis auch wieder etwas Luft aus der Glocke; allein ob diese beiden Fehler sich gerade aufheben, läfst sich nicht beurtheilen. Darum ziehe ich die Methode, den Stickstoff über Wasser zu messen, vor, die aufserdem die bequemere ist.

Mit Hülfe dieser Methode habe ich einige Versuche ausgeführt, welche beweisen, welch hohen Grad von Genauigkeit sie zu erreichen erlaubt. Meine ersten Versuche zielten jedoch nur dahin, zu ermitteln, ob mittelst Wasserstoffgas etwa vollkommner die Luft entfernt werden könne, als durch Kohlensäure.

Mehrere Verbrennungen, die ich mit einer von Stickstoff freien Substanz, chemisch reinem Mannit, ausführte, lehrten jedoch, dafs diefs nicht der Fall sey. Ungeachtet ich den Wasserstoffstrom aufserordentlich lange durch das Verbrennungsrohr strömen liefs, erhielt ich bei Verbrennung von etwa 0,4 Grm. jenes Körpers doch immer noch $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ Kubikcentimeter Stickstoff. Dadurch ergab sich die Nothwendigkeit jene oben angegebene Correction anzuwenden, wenn man den Stickstoff durch Messung seines Volumens genau bestimmen will.

Die Substanzen, welche ich zu den erwähnten Versuchen benutzte, waren solche, welche ich in chemisch reinem Zustande besafs, und deren Zusammensetzung genau bekannt ist. Die eine derselben war reich an Stickstoff, die Harnsäure, die andere ziemlich arm, die Hippursäure.

0,3345 Grm. Harnsäure lieferten $96\frac{3}{4}$ Kubikcentimeter feuchten Stickstoffs von 16° C. Temperatur und 752 Millm.

Barometerstand. Der Quecksilberstand im Gasleitungsrohr war vor und nach dem Versuch so nahe gleich, dafs die Correction noch nicht die Hundertel Cubikcentimeter geändert haben würde. Ihre Differenz betrug kaum $\frac{1}{4}$ Mllm. Hier konnte daher diese Correction ganz unterbleiben. Jene Menge Stickstoff entspricht 88,8 Kubikcentimeter des trocknen Gases bei 0° C. und 760 Mllm. Barometerstand, und ein solches Volumen Stickstoff wiegt[1]) 0,11159 Grm. In Procenten enthält daher die Harnsäure 33,36 dieses Elements.

Eine zweite Messung geschah bei 14° C. und 0,7506 Mllm. Barometerstand. Sie ergab 96 Kubikcentimeter. Diefs entspricht 88,75 Kubikcentimeter trocknen Stickstoffs bei 0° C. und 760 Mllm. Druck, oder 0,11152 Grm. oder 33,34 Procent.

Das Mittel dieser beiden Messungen giebt 33,34 Proc. Die Berechnung nach der Formel $C^5 H^2 N^2 O^3$ verlangt 33,33 Proc. Stickstoff.

Bei einem zweiten Versuche erhielt ich aus 0,3075 Grm. Harnsäure 89$\frac{1}{4}$ Kubikcentimeter feuchten Stickstoffs bei 14°,5 C. und 746,6 Mllm. Barometerstand. Das Quecksilber in dem Gasleitungsrohr stand nach der Verbrennung 6 Mllm. höher, als vor derselben. Das Rohr fafste 658 Grm. Quecksilber. Sein Volumen betrug daher 48,5 Kubikcent. Das Gewicht des Rohrs betrug 72 Grm. und das des gefüllten Rohrs 120,5 Grm., demnach das der Füllung 48,5 Grm. Das Volumen derselben ist daher gleich 7,5 Kubikcent., und demnach das der in das gefüllte Rohr hineingehenden Gase 41 Kubikcent. Da nun der Barometerstand vor und nach der Verbrennung genau gleich war, so ist $b-B$ in der obigen Formel gleich 0. $q-Q$ ist aber wie oben angegeben $+$ 6 Mllm., daher $-(q-Q) = -6$ Mllm. a ist $=41$, also $g-x = -0{,}32$ Kubikcent. Obige 89$\frac{1}{4}$ Kubikcent. entsprechen 81,87 Kubikcent. trocknen Stickstoffs bei 0° C. und 760 Mllm. Druck. Diefs entspricht nach

1) 1000 Cubikcent. atm. Luft = 1,2936348. Spec. Gew. des Stickstoffs *0,97137* (Regnault).

nach Abzug obiger 0,32 Kubikcent. 0,10247 Grm. oder 33,32 Proc. Stickstoff.

Bei einer zweiten Messung fand ich bei 15° C. und 746,7 Mllm. Druck 89½ Kubikcent. feuchten Stickstoffs. Diefs entspricht 81,92 Kubikcent. trocknen Stickstoffs bei 0° C. und 760 Mllm. Druck, und nach Abzug der 0,32 Kubikcent. erhält man 0,10254 Grm. oder 33,35 Procent Stickstoff.

Bei einer dritten Messung endlich, die bei 8¼° C. und 750,6 Mllm. Barometerstand ausgeführt wurde, fanden sich 86½ Kubikcent. feuchten Stickstoffs. Diefs beträgt 82,02 Kubikcent. trocknen Stickstoffs bei 0° C. und 760 Mllm. Druck oder nach Abzug der 0,32 Kubikcent. 0,10256 Grm. oder 33,35 Proc. Stickstoff.

Das Mittel aus den drei Messungen ist also 33,34 Proc. Stickstoff.

Zu einem dritten Versuche wurden 0,2888 Grm. Harnsäure angewendet, und hier absichtlich die Luft nicht vollständig ausgetrieben, um die deswegen nöthige Correction gröfser zu machen, als sie bei gut ausgeführten Versuchen werden kann. Das Rohr fafste (es war weiter als die früheren) 1093 Grm. Quecksilber, es wog 95 Grm. im leeren, 159 Grm. im gefüllten Zustande. Der Barometerstand vor und nach dem Versuche hatte sich nicht geändert. Nach dem Versuche stand jedoch das Quecksilber im Gasleitungsrohre 23 Mllm. höher als vorher. Darnach sind von dem gefundenen Volumen Stickstoff 2,14 Kubikcent. abzuziehen. Es wurden gemessen 86¼ Kubikcent. bei 17° C. und 0,750 Mllm. Barometerstand, die gleich sind 78,58 Kubikcent. bei 0° C. und 760 Mllm. Barometerstand. Nach Abzug der 2,14 Kubikcent. entspricht diefs 0,09605 Grm. oder 33,26 Proc. Stickstoff.

Bei einer zweiten Messung bei 15¾° C. und 0,749 Mllm. Barometerstand fand ich 86 Kubikcent. Stickstoff. Diefs entspricht, nachdem alle Correctionen ausgeführt sind, 76,56 Kubikcent. oder 0,0962 Grm. oder 33,31 Proc. Stickstoff.

Endlich eine dritte bei $10\frac{1}{2}$ ° C. und 0,7396 Mllm. Barometerstand ergab 85 Kubikcent. Stickstoff. Diefs beträgt nach Ausführung aller Correctionen 76,49 Kubikcent. oder 0,09612 Grm. oder 33,28 Proc. Stickstoff. Im Mittel haben die drei Messungen demnach 33,28 Proc. gegeben.

Das Mittel der Mittelzahlen der drei Versuche beträgt demnach 33,33 Proc., was mit der berechneten Zahl genau übereinkommt.

Bei der Analyse von 0,4353 Grm. Hippursäure fand ich $29\frac{3}{4}$ Kubikcent. Stickstoff bei 13° C. und 0,7505 Mllm. Barometerstand. Das Rohr fafste 665 Grm. Quecksilber. Leer wog es 70 Grm., gefüllt 120 Grm. Letzteres fafste demnach 41,7 Kubikcent. Gas. Die Barometerstände vor und nach dem Versuche waren genau gleich. Das Quecksilber stand aber nach der Verbrennung ein Millimeter tiefer als vor derselben. Zu dem gemessenen Volumen des Stickstoffs müssen demnach 0,05 Kubikcent. hinzugerechnet werden. Jene $29\frac{3}{4}$ Kubikcent. Gas entsprechen 27,62 Kubikcent. trocknen Stickstoffs, bei 0° C. und 760 Mllm. Druck. Nach Hinzufügung jener 0,05 Kubikcent. hat man also 27,67 Kubikcent., oder 0,03477 Grm. oder 7,99 Proc. Stickstoff.

Bei einer zweiten Messung fand ich 30 Kubikcent. bei $14\frac{3}{4}$ ° C. und 0,751 Mllm. Barometerstand. Diefs beträgt nach Ausführung aller Correctionen 27,66 Kubikcent. oder 0,03476 Grm. oder 7,99 Proc. Stickstoff.

Bei einer dritten Messung endlich wurden gefunden 29 Kubikcent. bei $7\frac{1}{2}$ ° C. und 0,7485 Mllm. Barometerstand. Nach Ausführung aller Correctionen beträgt diefs 27,5 Kubikcent. oder 0,03456 Grm. oder 7,94 Proc. Stickstoff. Im Mittel beträgt diefs also 7,97 Proc. Stickstoff. Die Rechnung nach der Formel $C^{18}H^{9}NO^{6}$ verlangt 7,82 Proc.

Die gefundene Zahl ist hier um 0,15 Proc. zu hoch. Das Stickgas hatte aber einen leisen Geruch nach brenzlichen Stoffen, so dafs die Verbrennung nicht ganz vollständig gewesen seyn kann. Hierdurch erklärt sich dieser geringe Ueberschufs leicht.

Obgleich ich die Verbrennung äufserst langsam nach

meiner Meinung hatte fortschreiten lassen, so war also doch etwas der organischen Substanz unvollständig verbrannt worden. Diefs konnte bei der an Stickstoff reicheren Harnsäure weniger leicht geschehen, einmal weil sie viel weniger brennbare Elemente enthält, und dann, weil bei ihrer Verbrennung eine reichliche Menge Stickstoff erzeugt wird. Ich suchte daher eine Abänderung der Methode zu ersinnen, welche es möglich macht, auch den Stickstoffgehalt daran armer Substanzen mit vollkommener Sicherheit zu bestimmen, selbst wenn die Verbrennung etwas zu schnell geschehen sollte.

Zu dem Ende richtete ich das Verbrennungsrohr ganz ebenso vor, wie oben beschrieben, nur dafs ich das Kalihydrat nicht ans Ende des Rohrs brachte, sondern so zwischen das Kupferoxyd einschaltete, dafs es die sechs Zoll lange Schicht desselben, welche unmittelbar auf die Mischung der Substanz mit Kupferoxyd aufgeschüttet werden sollte, in zwei ziemlich gleiche Hälften theilte. Damit jedoch beim Erhitzen des metallischen Kupfers, welches somit am Ende des Rohrs seinen Platz fände, der mit Siegellack eingekittete Kork nicht gelöst werde, brachte ich an die vorhin erwähnte Stelle nur etwa Dreiviertel des Kalihydrats, und liefs das letzte Viertel übrig, um das Ende des Rohrs damit zu füllen. Es versteht sich von selbst, dafs da, wo Kalihydrat einerseits und Kupferoxyd oder Kupfer, genug zu glühende Stellen des Rohrs andererseits, neben einander sich befanden, zwischen dieselbe ein mindestens $1\frac{1}{2}$ Zoll langer Asbestpfropf eingeschaltet werden mufste, damit beim Erhitzen dieser Stellen das Kalihydrat nicht mit erhitzt werde. Bei der Verbrennung wurde dann ganz ebenso verfahren, wie es oben beschrieben worden ist. Allein acht Versuche, die sämmtlich misglückten, und nur dadurch nicht glückten, dafs das Rohr sprang, lehrten mich, dafs diese Methode nicht empfehlenswerth ist. Zwar kann ich den Grund des Mifslingens der Versuche nicht angeben. Es kann aber weder in der geringen Güte der verwendeten Verbrennungsröhren, noch

in Mangel an Vorsicht seinen Grund finden, da ich stets alle Vorsichtsmaafsregeln anwendete, und andererseits die Güte meiner Verbrennungsröhren durch viele frühere Versuche erprobt worden war. Sollte auch eins oder das andere minder gut gekühlt seyn, so ist doch nicht anzunehmen, dafs fünf verschiedene Röhren, die die acht Verbrennungsröhren lieferten, gleich schlecht gewesen seyn sollten.

Ich kann nur annehmen, dafs die Gegenwart des kaustischen Kalis zwischen den zu glühenden Stellen die Veranlassung zu dem Mifsglücken der Versuche gegeben habe, obgleich ich keine ganz klare Rechenschaft davon zu geben vermag, auf welche Weise es geschehen seyn könne. Ich kehrte deshalb zu der oben beschriebenen einfacheren Methode wieder zurück, mischte aber die Substanz mit so viel Kupferoxyd, dafs die Mischung die Länge von fünf Zollen im Rohr einnahm, um dadurch sicherer eine langsamere Verbrennung zu erzielen. Ich näherte die beiden Wärmequellen, welche die Mischung von Kupferoxyd und der organischen Substanz trennte, erst dann einander, wenn das Quecksilber durchaus nicht mehr sank, und dann brachte ich sie jedesmal nur um einen achtel Zoll näher an einander. Gegen Ende der Verbrennung jedoch zieht das Kalihydrat in dem Verbrennungsrohre die Kohlensäure nicht mehr schnell genug an sich, da es sich mit einer Rinde von kohlensaurem Kali bedeckt hat, so dafs endlich das Ausströmen des Gases beginnt. Dann rückt man die Wärmequellen einander von Neuem um einen achtel Zoll näher, sobald die aus dem Gasleitungsrohre ausströmenden Gasblasen mit bedeutend geringerer Geschwindigkeit auf einander folgen, als die war, welche sie nach dem zuletzt vorhergegangenen Annähern der Wärmequellen angenommen hatten. Im Uebrigen wurde die Verbrennung ganz ebenso wie früher beschrieben beendigt [1]).

1) Ich bemerke hier beiläufig, dafs der erste in dieser Weise ausgeführte Versuch unmittelbar nach jenen acht mifsglückten, vollständig gelang; ein Beweis mehr, dafs in der Anordnung des Apparates der Grund *des Zerspringens* des Rohrs gelegen hatte.

Auf diese Weise erhielt ich folgende Resultate:

0,489 Grm. Hippursäure lieferten $31\frac{1}{4}$ Kubikcentimeter feuchten Stickstoffs bei $7\frac{1}{2}$° C. und 756,6 Mllm. Barometerstand. Das Rohr wog, ehe es gefüllt wurde, 88 Grm., mit der Füllung 182 Grm. Es fafste 827 Grm. Quecksilber. Vor der Verbrennung betrug der Barometerstand 755,6 Mllm., nach derselben 756,6 Mllm. Das Quecksilber in dem Gasleitungsrohr stand nach der Verbrennung um $1\frac{1}{2}$ Mllm. niedriger, als vor derselben. Die wegen des Letzteren nothwendige Correction beträgt daher 0,15 Kubikcent., die zu der direct gemessenen Stickstoffmenge hinzuaddirt werden mufs. Es wurden daher erhalten 30,11 Kubikcent. Stickstoff, die entsprechen 0,03784 Grm. oder 7,74 Proc.

Eine zweite Messung ergab $31\frac{1}{2}$ Kubikcent. bei 9° C. und 756,6 Mllm. Druck. Diefs entspricht 30,01 Kubikcent. trocknen Stickstoffs bei 0° C. und 760 Mllm. Druck. Nach Hinzufügung von 0,15 Kubikcentm. sind also erhalten worden 0,0379 Grm. oder 7,75 Proc. Stickstoff.

Bei einer dritten Messung fand ich 32 Kubikcent. feuchten Stickstoffs bei 14° C. und 757,6 Mllm. Druck. Diefs entspricht 29,86 Kubikcent. trocknen Stickstoffs bei 0° C. und 760 Mllm. Druck. Nach Hinzufügung von 0,15 Kubikcent. findet man daher 30,01 Kubikcent., entsprechend 0,03771 Grm. oder 7,71 Proc. Stickstoff.

Das Mittel dieser drei Messungen beträgt 7,74 Proc. Die Rechnung verlangt 8,82 Proc.

Um ungefähr den Fehler zu ermitteln, welcher durch die nicht ganz genaue Bestimmung des mittleren specifischen Gewichts der Füllung des Rohrs veranlafst werden kann, habe ich bei diesem letzteren Versuche die Gewichte der einzelnen Bestandtheile dieser Füllung bestimmt, um mittelst der specifischen Gewichte derselben ihr Volumen genau zu berechnen. Sie bestand aus 2 Grm. zweifach kohlensaurem Natron, 2 Grm. chlorsaurem Kali, 62 Grm. Kupferoxyd, 17 Grm. metallischem Kupfer, 9 Grm. geschmolzenem Kalihydrat und 2 Grm. Asbest. Leider kennt man, so viel mir bekannt, die specifischen Gewichte des zwei-

fach kohlensauren Natrons und des chlorsauren Kalis nicht. Das des kaustischen Kalis beträgt 2,1. Nehmen wir an, dafs das mittlere specifische Gewicht der drei letzteren gleich 2 sey, was unmöglich weit von der Wahrheit entfernt seyn kann, so ist das Volumen der Füllung (das spec. Gewicht des Asbests gleich 3 angenommen, das des Kupfers gleich 8,9) gleich 18,8 Kubikcentimeter. Nach der Annahme dagegen, dafs das mittlere specifische Gewicht der Füllung gleich 6,4 sey, findet man 14,7 Kubikcentimeter, ein scheinbar bedeutender Unterschied. Setzt man aber jene Gröfse für diese in die Rechnung ein, so findet man, dafs anstatt 0,15 Kubikcentimetern nur 0,14 zu der direct gemessenen Stickstoffmenge hinzuaddirt werden mufs. Dafs dieser Unterschied keinen Einflufs haben kann, ist klar. Bei der Berechnung der Stickstoffmenge in Procenten, würde die Abweichung erst in der dritten Decimalstelle erscheinen, selbst wenn man nur 0,3 Grm. Substanz zur Verbrennung angewendet hätte. Allerdings kann der Fehler viel gröfser werden, wenn die Differenz der Quecksilberstände vor und nach dem Versuche bedeutender wird. Allein selbst wenn diese Differenz 60 Mllm. beträgt, was bei gut geleitetem Versuche nicht eintreten kann, würde der Fehler nicht von grofser Bedeutung seyn. Er würde etwa 0,12 Proc. betragen. Nach den obigen Annahmen würde das mittlere specifische Gewicht der Füllung des Rohrs etwa gleich fünf seyn. Für Ausnahmefälle, wo jene bedeutende Differenz der Quecksilberstände vorkommen sollte, kann man daher diese Zahl, die allerdings der Wahrheit in jedem Falle, wenn man die Füllung des Rohrs so ausgeführt hat, wie ich es zuletzt beschrieben habe, näher liegt als das specifische Gewicht des Kupferoxyds 6,4, als das mittlere specifische Gewicht der Füllung annehmen.

XI. *Ueber die chemische Constitution der Hydro-Magnesia-Carbonate vom Standpunkte der polymeren Isomorphie; von Th. Scheerer.*

In einem Aufsatze im 68. Bande (S. 376) dieser Annalen zeigte ich, dafs die wasserhaltigen Magnesia-Carbonate, — soweit ihre Zusammensetzung damals mit Sicherheit ermittelt erschien, — in zwei Gruppen zerfallen, von denen sich die eine durch das stöchiometrische Schema

$$(\dot{Mg})^2 \ddot{C}$$

und die andere annähernd durch die Formel $\dot{Mg}^4 \ddot{C}^3 + 4\dot{\bar{H}}$ ausdrücken läfst. Letzterer Ausdruck kann, im Sinne der polymeren Isomorphie, umgeformt werden zu

$$3(\dot{Mg}^4 \ddot{C}^3 + 4\dot{\bar{H}}) = 3(\dot{Mg}^3 \ddot{C}^2 + 3\dot{\bar{H}}) + 3(\dot{Mg}\ddot{C} + \dot{\bar{H}})$$
$$= 3(\dot{Mg})^4 \ddot{C}^2 + (\dot{Mg})^4 \ddot{C}^3$$
$$= 6(\dot{Mg})^2 \ddot{C} + (\dot{Mg})^4 \ddot{C}^3$$

so dafs folglich zur Darstellung der chemischen Constitution sämmtlicher jener Magnesia-Carbonate nur die beiden Formelglieder

$$(\dot{Mg})^2 \ddot{C} \quad \ldots\ldots \quad (I.)$$

$$\text{und } (\dot{Mg})^4 \ddot{C}^3 \quad \ldots\ldots \quad (II.)$$

erforderlich sind. Seitdem ich diese Ansicht zuerst aussprach (im Jahre 1846) ist sowohl unsere Kenntnifs der chemischen Zusammensetzung dieser Klasse von Carbonaten bedeutend erweitert, wie auch so manches beseitigt worden, was einer richtigen Auffassung des polymeren Isomorphismus im Wege stand. Ersteres geschah besonders durch die von Heinrich Rose und seinem Assistenten Weber ausgeführte umfassende Untersuchung verschiedener Arten von Magnesia alba [1]). Es erscheint daher von Interesse zu erforschen, in wie weit die hierdurch gewonne-

1) Diese Ann Bd. 83, S. 417 und 597.

nen neuen Resultate fernere Bestätigungen des polymeren Isomorphismus auch von dieser Seite enthalten.

Durch verschiedene Bereitungsarten der Magnesia alba, so wie durch verschiedene Temperaturen — gewöhnliche Lufttemperatur, 60° C. und 100° C. —, welche beim Trocknen der feuchten Niederschläge angewendet wurden, erhielt H. Rose wasserhaltige Carbonate von sehr abweichender Zusammensetzung, deren atomistische Verhältnisse sich folgendermafsen herausstellten.

	$\ddot{C}$:	$\dot{Mg}$:	$\dot{H}$	
1)	$\ddot{C}$:	$\dot{Mg}$:	$\dot{H}$	= 4 : 5 : 5
2)	»	»	»	= 4 : 5 : 6
3)	»	»	»	= 4 : 5 : 7
4)	»	»	»	= 4 : 5 : 8
5)	»	»	»	= 4 : 5 : 9
6)	»	»	»	= 4 : 5 : 10
7)	»	»	»	= 4 : 5 : 11
8)	»	»	»	= 4 : 5 : 12
9)	»	»	»	= 3 : 4 : 4
10)	»	»	»	= 3 : 4 : 5
11)	»	»	»	= 3 : 4 : 6
12)	»	»	»	= 3 : 4 : 7.

Dafs sich aus derartigen Proportionen nach der *älteren Theorie* (welche das Wasser stets als Hydratwasser betrachtet) keine Formeln bilden lassen, die einen nur einigermafsen begründeten Anspruch auf Wahrscheinlichkeit besitzen, ergiebt sich mit grofser Evidenz. Allein auf den ersten Blick scheint es auch, als wenn die *neuere Theorie* bei diesen eigenthümlichen Verbindungen kaum ein besseres Glück haben würde. Ehe wir jedoch hierüber entscheiden, wollen wir die durch meine neuesten Beiträge zur Kenntnifs des polymeren Isomorphismus [1]) gewonnenen Anschauungen bei unserem Erklärungsversuche zu Hülfe nehmen.

Als einfachste stöchiometrische Formen, welche bei der Zusammensetzung von Magnesia-Carbonaten in Betracht kommen können, ergeben sich:

1) Diese Ann. Bd. 84, S. 321.

1) $\dot{Mg}\ \ddot{C}$
2) $\dot{Mg}^2\ddot{C}$
3) $\dot{Mg}^4\ddot{C}^3$.

Dafs in einer Verbindung der ersten Art, $\dot{Mg}\ddot{C}$, eine theilweise Vertretung von $\dot{Mg}$ durch $(\dot{H}) = 3\dot{H}$ stattfinden sollte, ist nicht wahrscheinlich, da bis jetzt kein Magnesia-Carbonat bekannt ist, in welchem der Sauerstoff der Kohlensäure mehr als das Doppelte von dem der Magnesia beträgt.

Dagegen können wir uns in der Verbindung $\dot{Mg}^2\ddot{C}$ das eine Atom $\dot{Mg}$ durch $(\dot{H}) = 3\dot{H}$ ersetzt denken. Es erfolgt hieraus das bekannte Salz $\dot{Mg}\ddot{C} + 3\dot{H}$.

Ein Gleiches läfst sich in Bezug auf $\dot{Mg}^4\ddot{C}^3$ bewerkstelligen. Wird ein Atom $\dot{Mg}$ darin durch $(\dot{H}) = 3\dot{H}$ vertreten, so ergiebt sich die bekannte Verbindung $\dot{Mg}\ddot{C} + \dot{H}$, oder eigentlich $3\dot{Mg}\ddot{C} + 3\dot{H}$.

Mithin erhalten wir

die constante Verbindung $\dot{Mg}\ddot{C} = a$ . . . (1)
das stöchiometrische Schema $(\dot{Mg})^2\ddot{C}$
und das stöchiometrische Schema $(\dot{Mg})^4\ddot{C}^3$,

bei welchen letzteren zu berücksichtigen sind:

die stöchiometrischen Elemente

bei $(\dot{Mg})^2\ddot{C}$ $\begin{cases} \dot{Mg}^2\ddot{C} = a' & \ldots\ldots\ldots (2) \\ \dot{Mg}\ \ddot{C} + 3\dot{H} = b' & \ldots\ldots (3) \end{cases}$

bei $(\dot{Mg})^4\ddot{C}^3$ $\begin{cases} \dot{Mg}^4\ddot{C}^3 = a'' & \ldots\ldots\ldots (4) \\ 3\dot{Mg}\ddot{C} + 3\dot{H} = b'' & \ldots\ldots (5). \end{cases}$

Aus Combinationen dieser fünf Elemente müssen sich, wenn die Gesetze des polymeren Isomorphismus einer Anwendung auf den vorliegenden Fall fähig sind, die oben angeführten 12 Atomen-Verhältnisse darstellen lassen. Die Prüfung läfst sich mittelst einer Rechnung vornehmen, deren Grundzüge ich in meiner zuvor citirten Abhandlung

(d. Ann. Bd. 84, S. 321) mitgetheilt habe. Man gelangt hierdurch zu folgenden Resultaten.

	Atomen-Proportion. $\ddot{C}$ $\dot{Mg}$ $\dot{H}$	Resultirende Formel.
1)	4 : 5 : 5	$= 3(\dot{Mg})^2\ddot{C} + 2(\dot{Mg})^4\ddot{C}^3$ $(a' + b')$ (b'')
2)	4 : 5 : 6	$= (\dot{Mg})^2\ddot{C} + \dot{Mg}\ddot{C}$ $(a' + 2b')$ (a)
3)	4 : 5 : 7	$= 3(\dot{Mg})^2\ddot{C} + (\dot{Mg})^4\ddot{C}^3$ $(a' + 2b')$ (b'')
4)	4 : 5 : 8	$= 3(\dot{Mg})^2\ddot{C} + (\dot{Mg})^4\ddot{C}^3$ $(2a' + 5b')$ (b'')
5)	4 : 5 : 9	$= (\dot{Mg})^2\ddot{C}$ $(a' + 3b')$
6)	4 : 5 : 10	$= (\dot{Mg})^2\ddot{C} + \dot{H}$ $(a' + 3b')$
7)	4 : 5 : 11	$= (\dot{Mg})^2\ddot{C} + 2\dot{H}$ $(a' + 3b')$
8)	4 : 5 : 12	$= (\dot{Mg})^2\ddot{C} + 3\dot{H}$ $(a' + 3b')$
9)	3 : 4 : 4	$= 3(\dot{Mg})^2\ddot{C} + (\dot{Mg})^4\ddot{C}^3$ $(a' + b')$ (b'')
10)	3 : 4 : 5	$= 3(\dot{Mg})^2\ddot{C} + (\dot{Mg})^4\ddot{C}^3$ $(2a' + 3b')$ (b'')
11)	3 : 4 : 6	$= (\dot{Mg})^2\ddot{C}$ $(a' + 2b')$
12)	3 : 4 : 7	$= (\dot{Mg})^2\ddot{C} + \dot{H}$ $(a' + 2b')$.

Die Probe auf die Richtigkeit dieser Formeln ist leicht anzustellen. Betrachten wir z. B. die Formel 1. Durch Auflösung derselben erhalten wir:

$$3a'+3b'+2b''=3\dot{M}g^2\ddot{C}+3(\dot{M}g\ddot{C}+3\dot{H})+6\dot{M}g\ddot{C}+6\dot{H}$$
$$=3\dot{M}g^2\ddot{C}+9\dot{M}g\ddot{C}+15\dot{H}$$
$$=12\ddot{C}+15\dot{M}g+15\dot{H}$$

also $\ddot{C}:\dot{M}g:\dot{H}=12:15:15=4:5:5$, welches die verlangte Atomen-Proportion ist.

Es ist uns folglich gelungen, die Zusammensetzung dieser 12 wasserhaltigen Magnesia-Carbonate durch Combination von vier Elementen a, a', b', und b'' (a'' wurde nicht gebraucht) auszudrücken. Bei den Verbindungen 6, 7, 8 und 12 kamen aufserdem noch 1, 2 und 3 Atome Wasser hinzu. Dieses Wasser dürfte hier dieselbe Rolle spielen wie das siebente Wasseratom in den Vitriolen. Man sehe hierüber diese Annalen Bd. 68, S. 364.

Ferner analysirte Weber eine im Handel vorkommende Magnesia alba, und fand dieselbe bestehend aus:

$$\ddot{C}:\dot{M}g:\dot{H}=5:7:9,$$

welches der chemischen Formel

$$\begin{matrix}(\dot{M}g)^2\ddot{C}\\(2a'+3b')\end{matrix}$$

entspricht, die oben — nur unter anderer Combination ihrer Elemente — bereits zweimal isolirt vorgekommen ist.

In Bezug auf die Combination der stöchiometrischen Elemente a' und b' kommen in allen diesen Formeln im Ganzen folgende Verhältnisse vor.

$$(\dot{M}g)^2\ddot{C}\left\{\begin{array}{l}a'+b'\\a'+1\tfrac{1}{2}b'=2a'+3b'\\a'+2b'\\a'+2\tfrac{1}{2}b'=2a'+5b'\\a'+3b'.\end{array}\right.$$

Es ergiebt sich hieraus, dafs in der Verbindung $(\dot{M}g)^2\ddot{C}$ *eine polymer-isomorphe Vertretung der* $\dot{M}g$ *durch* ($\dot{H}$) *in fünf verschiedenen Verhältnissen* stattfindet.

Im zweiten Bande von Graham-Otto's Chemie (zweite Hälfte, S. 289) theilt Otto die analytischen Resultate seiner

und **Laake**'s Untersuchungen einiger Sorten von Magnesia alba mit, und findet hierbei, dafs die atomistische Zusammensetzung derselben den Proportionen

$\ddot{C}$	$\dot{Mg}$	$\dot{H}$
4 :	5 :	6
4 :	5 :	7
3 :	4 :	5
3 :	4 :	6

nahe kommt. Diese Verhältnisse sind dieselben, welche bereits oben unter 2, 3, 10 und 11 einer Deutung im Sinne der polymeren Isomorphie unterworfen worden sind.

Schliefslich will ich noch zweier Hydro-Magnesia-Carbonate erwähnen, deren Zusammensetzung schon vor längerer Zeit durch **Fritzsche** ermittelt wurde. Die Atomen-Proportionen derselben sind:

$\ddot{C}$	$\dot{Mg}$	$\dot{H}$
2 :	3 :	3
1 :	1 :	5

entsprechend den Formeln

$$(\dot{Mg})^2 \ddot{C}$$
$$(a' + b')$$
$$(\dot{Mg})^2 \ddot{C} + 2\dot{H}$$
$$(b').$$

Die Verbindung $(\dot{Mg})^2 \ddot{C}$ kommt also in *isolirter* Gestalt unter *vier* verschiedenen Combinationen ihrer stöchiometrischen Elemente *a'* und *b'*, im Ganzen aber unter *sechs* Combinationen derselben vor.

XII. *Ueber angebliche Krystallisation des Zinkes in Formen des regulären Systems; von Gustav Rose.*

Als Krystallform des Zinkes ist von Nöggerath die Combination eines regulären sechsseitigen Prisma mit der geraden Endfläche, und von Niklès das Pentagondodecaëder beobachtet, und Niklès hat daraus geschlossen, dafs das Zink dimorph sey [1]), wie man diefs schon von mehreren andern Metallen weifs. Dafs das Zink in sechsseitigen Prismen, also in Formen des 3- und 1-axigen Systems, krystallisire, davon konnte ich mich durch den Augenschein überzeugen. Hr. Nöggerath hatte die Güte mir einen Theil der untersuchten Krystalle zu schicken, und später habe ich dergleichen auch durch die HH. Hasenklever in Aachen und Braun am Altenberg erhalten. Wenngleich bei allen diesen Krystallen gegen die Hauptaxe geneigte Flächen nur so unvollkommen vorkommen, dafs sie nicht bestimmt werden konnten, und die wenn auch sehr wahrscheinliche Isomorphie des Zinkes mit den übrigen rhomboëdrischen Metallen daher mit Gewifsheit nicht auszumachen war, so geht aus der Beobachtung von Nöggerath doch bestimmt hervor, dafs die Krystalle zum 3- und 1-axigen Krystallisationssysteme gehören.

Ob nun aber das Zink auch in den Formen des regulären Systems und namentlich in Pentagondodecaëdern, wie Niklès behauptet, krystallisiren könne, ist mir durch eigene Beobachtung jetzt sehr unwahrscheinlich geworden. Ich hatte mich nämlich mit der Bitte Zinkkrystalle zu erhalten, an Hrn. Ober-Hütten-Inspector Mentzel in Königshütte in Ober Schlesien gewandt, und auch bald darauf sowohl vo[illegible] als auch von Hrn. Dr. Friedrich in M—lowitz [illegible]en Krystalle zugeschickt erhalten.

1) [illegible] 129 und Abhandl. der Königl. Akad. [illegible] 95.

Hr. Mentzel hatte auch die Güte mir mitzutheilen, wie diese Zinkkrystalle sich auf den Schlesischen Zinkhütten bilden. Sie erzeugen sich hier gar nicht selten, und zwar stets, wenn die Muffeln, in denen die Zinkerze destillirt werden, nach dem Vorlageraum zu nicht dicht schliefsen. Die aus den Muffeln entweichenden Zinkdämpfe oxydiren sich nun im Vorlageraum, das gebildete Zinkoxyd setzt sich zunächst an der Ausströmungsöffnung ab, und bildet daselbst Röhren, die oft 6 bis 8 Zoll anwachsen und an der innern Seite mit feinen Nadeln bedeckt sind. Verstopft sich nun die Mündung einer solchen Röhre, so dafs kein Sauerstoff in dieselbe mehr zutreten kann, so setzt sich oft das Zink metallisch in der Röhre ab und krystallisirt bisweilen.

Die übersandten Krystalle hatten sich also durch Sublimation gebildet, und folglich auf eine andere Weise, wie die durch Nöggerath beschriebenen Zinkkrystalle, die in den Drusen der erstarrten Masse entstanden waren, und es konnte daher wohl möglich seyn, dafs so die Form der ersteren Krystalle von der der letzteren verschieden wäre. Auch war ihr Aeufseres völlig abweichend, denn sie stellten gewöhnlich völlig runde Krystalle von der Gröfse eines kleinen Stecknadelknopfes bis zu der einer Erbse dar, die gewöhnlich überall von einer grofsen Menge meistens glatter und stark metallisch glänzender Flächen bedeckt waren. Untersuchte man aber die Krystalle näher, so ergab sich, dafs jeder Krystall von dem andern verschieden war; an eine Symmetrie der Flächen, einen Parallelismus der Kanten, eine Uebereinstimmung der Winkel war gar nicht zu denken. Die Krystalle verhielten sich vollkommen wie die Polyëder, die man erhält, wenn man kleine Stückchen Pyromorphit (Grünbleierz) vor dem Löthrohre schmilzt. Beim Erkalten bilden sich plötzlich unter schnell vorübergehendem Aufglühen der Masse eine grofse Menge von Flächen, in welchen ebenfalls gar keine Symmetrie vorhanden ist. Jeder dieser scheinbaren Krystalle ist also nichts anders als ein Aggregat

einer grofsen Menge von Individuen, wahrscheinlich von ebenso vielen als Flächen da sind, und es ist daher ganz unmöglich, daraus die Symmetrie des einfachen Krystalls und das Krystallisationssystem, zu welchem er gehört, herauszufinden. Die fünfeckige Form der Flächen kehrte aber sehr häufig wieder, daher man wohl auf den Gedanken kommen kann, diese Polyëder für Pentagondodecaëder zu halten. Da nun bis jetzt bei keinem Metalle Pentagondodecaëder vorgekommen sind, so ist es sehr wahrscheinlich, dafs die angeblichen Pentagondodecaëder von Niklès auch keine Krystalle, sondern dergleichen kuglige Aggregate von Krystallen sind, zumal da sie ebenfalls wie die Schlesischen Zinkkrystalle durch Sublimation gewonnen worden, und die angebliche Pentagondodecaëderform und daraus abgeleitete Dimorphie des Zinks, ist daher so lange in Frage zu stellen, bis jene Form bestimmt erwiesen ist.

Ganz ähnlich wie das Zink verhält sich auch das Cadmium. Durch Destillation bedeckt sich der Hals der Retorte mit Tropfen, die beim Erkalten zu Polyëdern erstarren, bei denen sich ebenfalls keine Symmetrie entdecken läfst, und die daher ebenfalls keine Individuen, sondern Aggregate von Individuen sind. Ich erhielt schon lange von den Zinkkrystallen dergleichen Polyëder von Cadmium von Hrn. Mitscherlich, untersuchte sie, und kam schon damals zu dem Resultat, wohin auch die Untersuchung der Zinkkrystalle geführt. Die Krystalle des Cadmiums unterscheiden sich aber von denen des Zinks dadurch, dafs sie bald an der Luft ihren Glanz verlieren und matt werden.

Ich kann nicht unterlassen diese beschriebenen Polyëder mit anderen Körnern zu vergleichen, die ich schon vor vielen Jahren beschrieben habe [1]), die aber wirkliche Individuen sind, nämlich den Körnern, die in den Höhlungen des Pallasschen Meteoreisens vorkommen. Wo dieselben nicht an dem Eisen festgesessen haben, sind sie im

1) Vergl. Pogg. Ann. von 1825, Bd. 4, S. 185.

Allgemeinen vollkommen rund und sehr stark glasglänzend und enthalten gewöhnlich nur hin und wieder einzelne Flächen, die meistentheils runde Umrisse haben und seltener sich in Kanten schneiden. Unter einer grofsen Menge von losen Körnern aus dieser Pallasschen Eisenmasse, die sich in der hiesigen Königlichen Sammlung befinden, hatte ich nur einen etwas vollständigen Krystall gefunden, der aber eine grofse Menge Flächen enthielt, mehr als sie bisher bei einem irdischen Olivin-Krystalle beobachtet waren. Wo sich aber auch nur einzelne Flächen finden, kann man vollständig bestimmen, welche Flächen es sind, da dieselben äufserst glatt und glänzend erscheinen und ihre Neigung gegeneinander sich sehr genau messen läfst, und es ergiebt sich dann stets, dafs auch diese Körner nur einem Individuum angehören. Ich kenne gar keine Krystalle, die ich mit diesen Olivinkörnern vergleichen könnte; sie sind aufgewachsen, und an den freien Enden rund bis auf einzelne hier und da sich findende Flächen. Wahrscheinlich waren sie doch früher in derselben Lage wie der auf der Kohle vor dem Löthrohr geschmolzene Pyromorphit. Warum bilden sich hier in der erstarrenden Masse verschiedene Flächen, die verschiedenen Individuen angehören, dort nur einem Individuum? Zuweilen sieht man auch bei den beschriebenen Polyëdern von Zink Stellen, die ganz rund sind; diese sind aber nie glänzend, sondern matt oder drusig durch eine zahllose Menge kleiner sich schneidender und unter der Lupe erkennbarer Flächen, so dafs also auch diese runden Stellen eine mechanische Zusammensetzung beweisen.

XIII. *Mineralanalysen; von C. Rammelsberg.*

Apatit.

Die von Breithaupt als *Pseudo-Apatit* bezeichnete Substanz von Kurprinz Friedrich August bei Freiberg war schon von Plattner qualitativ geprüft und auch von O. Erdmann [1]) untersucht worden. Der Letztere erklärte sie für Apatit, und fand darin 53,948 Proc. Kalkerde, so wie die übrigen Bestandtheile dieses Minerals. Ohne Zweifel ist der Pseudo-Apatit ein durch Zersetzung angegriffener Apatit, was sein Ansehen deutlich zeigt.

Nach meinen Beobachtungen braust er schwach mit Säuren, und wenn man die Auflösung mit Ammoniak fällt so enthält das Filtrat noch einen Theil Kalk. Ich fand:

Phosphorsäure	40,30	} 88,68
Kalkerde	48,38	} 88,68 / } 53,78
Kalkerde	5,40	} 53,78
Talkerde	0,14	
Eisenoxyd	1,78	
Kohlensäure (Verl.)	4,00	
	100.	

5,4 Kalk erfordern 4,4 Kohlensäure. Fluor wurde nicht bestimmt; von Chlor sind unwägbare Spuren vorhanden.

Augit.

Mit dem Namen *Rhodonit* oder *Fowlerit* wird ein Mangan-Augit aus Nordamerika bezeichnet. Hermann hat darin vor kurzem einen beträchtlichen Zinkgehalt nachgewiesen [2]). Von Hrn. Prof. Shepard erhielt ich diese Substanz in derben röthlichen Stücken von Augitstructur. Meine Analyse stimmt mit Hermann's nahe überein.

1) Journ. f. pract. Chem. Bd. 5, S. 471.
2) Journ. f. pract. Chem. Bd. 47, S. 5.

	Von Stirling, N. Jersey, Hermann.	V. Franklin, N. J. R.
Kieselsäure	46,48	46,70
Manganoxydul	31,52	31,20
Eisenoxydul	7,23	8,35
Zinkoxyd	5,85	5,10
Kalkerde	4,50	6,30
Talkerde	3,09	2,81
Wasser	1,00	0,28
	99,67.	100,74.

Er enthält gegen 2 At. Talkerde 2 At. Zinkoxyd, 3 At. Kalk, 3 At. Eisenoxydul und 7 At. Manganoxydul.

Arseniknickel.

Eine derbe Varietät von Allemont, deren specifisches Gewicht = 6,411 ist, enthielt:

Schwefel	2,29
Arsenik	71,11
Nickel	18,71
Eisen	6,82
	98,93.

Dolerit.

Bergemann hat einen Dolerit vom Meifsner untersucht [1]), der indessen theilweise zersetzt war, da er mit Säuren brauste. Er fand darin:

Kieselsäure	47,75
Thonerde	18,87
Eisenoxydul	14,75
Kalkerde	9,29
Talkerde	1,25
Natron und Kali	2,63
Kohlensäure	4,45
Wasser	1,89
	100,88.

Durch Chlorwasserstoffsäure wurden 44,32 Proc. zerlegt.

1) Karsten's und v. Dechen's Archiv, Bd. 21, S. 3.

Hr. Heusser hat in meinem Laboratorio einen von mir am Meifsner gesammelten Dolerit untersucht, der frei von Kohlensäure ist, und darin als Mittel von zwei Analysen (mit kohlensaurem Natron und Fluorwasserstoffsäure) gefunden:

Kieselsäure	48,00
Thonerde	16,28
Eisenoxydul	15,55
Kalkerde	9,50
Talkerde	3,85
Natron	2,01
Kali	2,01
Wasser u. Verlust	2,80
	100.

Wenn man aus den Alkalien *Labrador* berechnet, so bleibt *Augit* übrig, und man hat:

Labrador:			Sauerstoff	oder:
Kieselsäure	25,02		13,0	52,56
Thonerde	13,92		6,5	29,25
Kalkerde	4,64	1,32	2,17	9,75
Natron	2,01	0,85		4,22
Kali	2,01			4,22
	47,60.			100.

Augit:				
Kieselsäure	22,98	11,94	13,04	46,33
Thonerde	2,36	1,10		4,80
Eisenoxydul	15,55	3,45	6,34	31,35
Kalkerde	4,86	1,38		9,80
Talkerde	3,85	1,51		7,72
	49,60.			100.

Granat.

Eine röthliche durchsichtige derbe Varietät von Haddam in Connecticut, deren specifisches Gewicht = 4,273 ist, besteht aus:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	36,16		18,79
Thonerde	19,76		9,23
Eisenoxydul	11,10	2,46	9,92
Manganoxydul	32,18	7,21	
Kalkerde	0,58	0,16	
Talkerde	0,22	0,09	
	100.		

Eine ähnliche Varietät von gleich hohem Mangangehalt hat Seybert schon früher beschrieben.

Kieselkupfer.

Eine derbe mit Quarz verwachsene Varietät aus Chile (*a*) enthält nach Kittredge, und eine eben solche vom Oberen-See in den Vereinigten Staaten (*b*) nach meinen Versuchen:

	a.		Sauerstoff.	*b.*		S.
Kieselsäure	40,09		20,83	32,55		16,91
Kupferoxyd	27,97	5,64	7,45	42,32	8,53	9,45
Eisenoxydul	4,94	1,09		1,63 [1]		
Kalkerde	1,49	0,42		1,76	0,50	
Talkerde	0,78	0,30		1,06	0,42	
Wasser	24,73		21,98	20,68		18,38
	100.			100.		

Das erstere ist daher ein Trisilicat mit 3 At. Wasser, $\dot{C}u\dddot{S}i + 3\dot{H}$; das letztere hingegen ein Bisilicat mit 6 At. Wasser, $\dot{C}u^3\dddot{S}i^2 + 6\dot{H}$, gleich den Abänderungen von Sommerville und N. Jersey, von Bogoslowsk am Ural und von Strömsheien in Sätersdalen, Norwegen.

Schorlamit.

Vor einiger Zeit beschrieb ich [2]) dieses mit dem Brookit (Arkansit) in Arkansas vorkommende Mineral, welches die Bestandtheile des Titanits, aufserdem aber Eisen ent-

1) Eisenoxyd und Thonerde.

2) Diese Ann. Bd. 77, S. 123.

hält, und leitete aus meinen Versuchen die Formel $2\dot{R}^3\ddot{Si}^2 + 3\dot{R}^2\ddot{Ti}$ ab.

Später hat Crossley gleichfalls mehre Analysen dieser Substanz publicirt [1]), und unter der Voraussetzung, das Eisen sey als Oxyd vorhanden, hat hiernach Whitney die Formel $(\dot{Ca}^3\ddot{Si} + \ddot{\overline{Fe}}\ddot{Si}) + \dot{Ca}\ddot{Ti}^2$ in Vorschlag gebracht.

Veranlafst durch Mittheilung einer gröfseren Menge Schorlamit von Seiten des Hrn. Dr. Kranz, habe ich meine früheren Versuche wiederholt, das Mineral durch Fluorwasserstoffsäure zerlegt, und in einer besonderen Probe durch Schmelzen mit Boraxglas bei Luftausschlufs, Auflösen in Chlorwasserstoffsäure und Zusatz von Goldchlorid die Menge des Eisenoxyduls zu bestimmen gesucht. Das specifische Gewicht fand sich =3,827 (3,807 nach Whitney.)

Meine früheren Analysen:

Kieselsäure	27,85 [2])	26,09
Titansäure	15,32	17,36
Eisenoxydul	23,75	22,83
Kalkerde	32,01	31,12
Talkerde	1,53	1,55
	100,00.	98,95.

Analysen von Crossley:

Kieselsäure	27,89 [3])	25,66		26,36	25,14
Titansäure	20,43	22,10		21,56	
Eisenoxyd	21,90	21,58		22,00	
Kalkerde	30,05	29,78		30,72	
	100,27	99,12	Talkerde	1,25	
				101,89.	

Das Resultat meiner letzten Versuche ist:

			Sauerst.
Kieselsäure (Verl.)	25,24		13,11
Titansäure	22,34		8,87
Eisenoxyd	20,11		6,03
Eisenoxydul	1,57	0,35	} 9,25
Kalkerde	29,38	8,36	
Talkerde	1,36	0,54	
	100.		

1) Dana, *Syst. of min.* 3th. *Edit. p.* 394. 692.

2) und 3) Mit etwas Titansäure.

Der Gang der Analyse gestattete eine genauere Bestimmung der Titansäure, als diefs früher geschehen war.

Der Ausdruck für die Zusammensetzung dieses Minerals bleibt hiernach wohl der von Whitney gegebene, den man indessen auch $2\dot{R}^2\dddot{Si}+\dddot{\bar{Fe}}\ddot{Ti}^2$ schreiben kann.

XIV. *Bleilasur (Linarit) aus Nassau; von Dr. F. Sandberger.*

Hr. Stratmann, Director der Grube und des Hüttenwerks zu Ems, liefs im verflossenen Jahre eine alte Halde behufs der Gewinnung der früher nicht beachteten Zinkblende aufräumen.

Mancherlei interessante Zersetzungsproducte zeigten sich bei dieser Gelegenheit, welche mir zur Untersuchung mitgetheilt wurden.

Die Verwitterung war nicht bis zum Zerfallen der Erzstücke vorgeschritten, vielmehr waren die meisten im Innern noch vollkommen frisch und blofs oberflächlich mit Krystallen von Gyps, theils weifs, theils durch Kupferverbindungen grün gefärbt, und bräunlichem geflossenen Eisenoxydhydrat bedeckt. Mit diesen fanden sich stellenweise sehr kleine lasurblaue Krystalle einer Mineralsubstanz in Menge, welche Hrn. Stratmann von einem reisenden Mineralogen als Linerat bestimmt worden waren. Die Untersuchung dieses Körpers mufste mich besonders interessiren.

Sie ergab folgendes Resultat. Krystalle klinorhombisch, 1 bis $1\frac{1}{2}'''$ grofs und beinahe immer zu Zwillingen verwachsen oder zu Strahlenbündeln gruppirt. Die deutlichsten Individuen liefsen die Flächen $\infty P \,.\, 0P \,.\, (\infty P \infty)$ erkennen; aufserdem sind noch einige andere vorhanden, welche indefs bis jetzt nicht bestimmt werden konnten. Farbe lasur-

blau; Strich himmelblau, diamantglanzähnlicher Glasglanz, durchscheinend in hohem Grade. Vor dem Löthrohre auf Kohle giebt das Mineral für sich Bleischlag und ein stahlgraues Metallkorn. Mit Soda erhält man eine rothgelbe Schlacke, welche auf Silberblech die Reaction des Schwefels giebt, und Bleikörner. Beim Glühen in der Glasröhre beschlagen sich die Wände mit Wasser. Mit Ammoniakflüssigkeit zersetzt sich die Substanz beim Erwärmen sehr leicht in eine himmelblaue Auflösung und ein weifses schweres unlösliches Pulver (schwefelsaures Bleioxyd). Die blaue Flüssigkeit wurde abfiltrirt, mit Schwefelsäure versetzt und ein Eisenstab hineingebracht, welcher sich in kurzer Zeit mit metallischem Kupfer überzog. Durch diese Versuche steht es unzweifelhaft fest, dafs das Mineral wirklich Bleilasur ist und auch die Entstehung dieser Substanz fällt demnach in eine ganz neue Periode. Ohne Zweifel ist sie aus der Zersetzung von Bleiglanz und Kupferkies hervorgegangen, welche aber durch unbekannte Umstände modificirt worden seyn mufs, da sich gewöhnlich die aus beiden Erzen hervorgehenden neuen Producte scharf von einander sondern. Die Erze, welche auf der alten Halde liegen, bestehen besonders aus Zinkblende, Eisenspath, Kupferkies und Bleiglanz, verwachsen mit weifsem derbem Quarz. Die Bleilasurkrystalle sitzen ohne Unterschied bald auf diesem, bald auf jenem Minerale auf.

Wiesbaden, den 6. Januar 1852.

XV. *Ueber den Einfluſs des Wassers bei chemischen Zersetzungen; von Heinrich Rose.*

(Fortsetzung)

---

8. Ueber die Verbindungen der Kohlensäure und des Wassers mit dem Cadmiumoxyd.

Die Fällungen, welche in Cadmiumoxydauflösungen durch kohlensaure Alkalien entstehen, haben auffallende Resultate gegeben. Offenbar ist das Cadmiumoxyd eine schwache Base, und von den Oxyden, welche aus einem Atom Metall und einem Atom Sauerstoff bestehen, eins von denen, welche unter dieser Gruppe die schwächsten basischen Eigenschaften zeigen, da es aus den Auflösungen seiner Salze schon in der Kälte durch kohlensaure Baryterde vollkommen gefällt wird. Solche schwache Basen pflegen keine groſse Verwandtschaft zur Kohlensäure zu äuſsern, und Wasser treibt gewöhnlich aus ihren Verbindungen mit Kohlensäure dieselbe gröſstentheils oder gänzlich aus. Dessen ungeachtet enthalten die Niederschläge, welche in den Auflösungen der Cadmiumoxydsalze durch einfach-kohlensaures Alkali entstehen, sehr wenig Wasser, und so viel Kohlensäure, daſs diese in Verbindung mit dem Cadmiumoxyd ein fast neutrales Salz bildet.

Stromeyer hat auch das durch Fällung erhaltene kohlensaure Cadmiumoxyd für eine neutrale Verbindung ohne Wasser gehalten. Dieſs ist indessen nicht ganz richtig; denn jedes durch Fällung erhaltene kohlensaure Cadmiumoxyd, auch nachdem es bei sehr hohen Temperaturen getrocknet worden ist, enthält Wasser, wenn auch nur sehr wenig, das erst mit der Kohlensäure beim Glühen fortgeht.

Es wurde zu den Fällungen, welche durch Hrn. Weber der quantitativen Untersuchung unterworfen wurden, schwefelsaures Cadmiumoxyd angewandt. Dieses Salz krystallisirt nach Stromeyer mit 4 Atomen oder mit 25,7 Proc.

Wasser in grofsen durchsichtigen, geraden rechtwinklichen Säulen, die denen des Zinkvitriols sehr ähnlich sind, und an der Luft stark verwittern. Das Salz, welches zu den folgenden Versuchen angewandt wurde, und durch Krystallisation aus heifsen Auflösungen erhalten worden war, bildete scheinbar reguläre sechsseitige Pyramiden mit abgestumpfter Endspitze, verwitterte an der Luft nicht, und enthielt weit weniger Wasser, als das von Stromeyer dargestellte.

Es verlor durch Trocknen bei einer Temperatur von 100° C. nur 17,87 Proc. Wasser. Wurde es dann sehr schwach geglüht, so erlitt es nur einen sehr geringen Gewichtsverlust, 0,29 Proc.; so dafs dadurch der ganze Wassergehalt im Salze 18,16 Proc. betrug. Das schwach geglühte Salz löste sich vollständig im Wasser auf. Wurde aus der Auflösung die Schwefelsäure durch Chlorbaryum gefällt, so entsprach die erhaltene schwefelsaure Baryterde 31,80 Proc. Schwefelsäure im Salze.

In einem anderen Versuche betrug der Gewichtsverlust des Salzes nach sehr schwachem Glühen 18,33 Proc. Aus dem Rückstand, der sich leicht im Wasser auflöste, wurde durch kohlensaures Kali das Cadmiumoxyd gefällt und nach dem Glühen des Niederschlags 50,23 Proc. Cadmiumoxyd erhalten, (das indessen noch Spuren von Schwefelsäure nach der Auflösung in Salpetersäure zeigte).

Die Zusammensetzung des schwefelsauren Cadmiumoxyds ist hiernach:

		Sauerstoff.	At.
Cadmiumoxyd	50,23	6,30	1
Schwefelsäure	31,80	19,04	1
Wasser	18,13	16,12	$2\frac{1}{2}$
	100,00.		

Die Menge des Krystallwassers im Salze steht daher zu der des schwefelsauren Cadmiumoxyds in einem ungewöhlichen Verhältnisse.

Um das kohlensaure Cadmiumoxyd aus dem schwefelsauren Salze zu fällen, wurde kohlensaures Kali gewählt,

da bei Anwendung von kohlensaurem Natron eine Fällung erhalten wird, welche sich sehr schwer auswaschen läfst.

I. Gleiche Atomgewichte des schwefelsauren Cadmiumoxyds und des kohlensauren Kalis wurden in der zehnfachen Menge kalten Wassers vom Gewichte des ersteren Salzes gelöst, und kalt mit einander vermischt. Die Fällung wurde mit kaltem Wasser ausgewaschen. In der abfiltrirten Flüssigkeit war kein Cadmiumoxyd mehr enthalten.

Der Niederschlag enthielt sehr geringe Spuren von Schwefelsäure. Bei 100° C. getrocknet war er folgendermafsen zusammengesetzt:

		Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	73,54	9,23
Kohlensäure	23,33	16,96
Wasser	3,13	2,78
	100,00.	

Das erhaltene geglühte Cadmiumoxyd wurde nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure vermittelst Schwefelwasserstoffgas gefällt, und das erhaltene Schwefelcadmium auf einem gewogenen Filtrum mit Wasser ausgewaschen, dem sehr geringe Mengen von Schwefelwasserstoffwasser und von Chlorwasserstoffsäure beigemengt waren. Ohne diese Vorsicht geht das Waschwaser leicht etwas trübe durchs Filtrum. Das erhaltene Schwefelcadmium entsprach 73,74 Proc. Cadmiumoxyd.

Die Fällung war also frei von Kali. Sie hat Aehnlichkeit mit den Verbindungen des kohlensauren Manganoxyduls mit Manganoxydulhydrat, denn die Menge des Hydrats gegen die des kohlensauren Oxyds ist bei dieser Verbindung sehr gering. Die Zusammensetzung wird beinahe durch die Formel $10\dot{Cd}\dot{C} + \dot{Cd}\dot{H} + 2\dot{H}$ ausgedrückt.

II. Die beiden Salze wurden in einer zehnmal gröfseren Menge von kaltem Wasser aufgelöst und die Fällung mit kaltem Wasser ausgewaschen. Bei 100° C. getrocknet hatte der Niederschlag, der geringe Spuren von Schwefelsäure enthielt, folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	73,17	9,18
Kohlensäure	22,90	16,65
Wasser	3,93	3,49
	100,00.	

Die Verbindung, deren Zusammensetzung sich durch die Formel $10\,Cd\ddot{C} + Cd\dot{H} + 5\dot{H}$ ausdrücken läfst, unterscheidet sich von der durch den Versuch I. erhaltenen, fast nur durch einen etwas gröfseren Wassergehalt.

III. Die Salze wurden wie bei dem Versuche I. in zehn Theilen kalten Wassers aufgelöst, aber das Ganze gekocht. Eine Kohlensäureentwicklung war hierbei nicht zu bemerken. Der Niederschlag wurde mit heifsem Wasser ausgewaschen; er war frei von Schwefelsäure. Die Fällung bei 100° C. getrocknet, hatte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	74,06	9,30
Kohlensäure	22,75	16,53
Wasser	3,19	2,83
	100,00.	

Es war also durch das Wasser beim Kochen mehr Kohlensäure ausgetrieben worden, als in der Kälte, doch lange nicht in der Menge, wie bei anderen kohlensauren Oxyden. Die Zusammensetzung der erhaltenen Verbindung kann durch die Formel $50\,Cd\ddot{C} + 6\,Cd\dot{H} + 11\dot{H}$ ausgedrückt werden.

IV. Es wurden wie beim Versuche II. die Salze in einer zehnmal gröfseren Menge von Wasser aufgelöst, wie bei den Versuchen I. und III., und die Lösungen kochend gefällt. Der Niederschlag, der sehr geringe Spuren von Schwefelsäure enthielt, hatte bei 100° C. getrocknet folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	74,43	9,34
Kohlensäure	21,80	15,85
Wasser	3,77	3,35
	100,00.	

In verdünnten Auflösungen wurde also beim Kochen noch etwas mehr Kohlensäure durch das Wasser ausgetrieben als in concentrirten. Man könnte die Zusammensetzung der Verbindung durch die Formel $50\dot{Cd}\ddot{C} + 9\dot{Cd}\dot{H} + 12\dot{H}$ ausdrücken.

Bei einem Ueberschufs von kohlensaurem Alkali scheint auch wie bei den Verbindungen des Zinkoxyds durch das Wasser weniger Kohlensäure ausgetrieben zu werden, als bei gleichen Atomgewichten der sich zersetzenden Salze. Als eine Auflösung des schwefelsauren Cadmiumoxyds durch kohlensaures Natron im Ueberschufs gefällt, und der Niederschlag, der frei von Schwefelsäure war, mit heifsem Wasser ausgesüfst worden war, hatte derselbe bei 110° C. getrocknet folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	73,93	9,28
Kohlensäure	24,77	18,00
Wasser	1,30	1,15
	100,00.	

Diese Zusammensetzung nähert sich sehr der einer neutralen, nur etwas wasserhaltigen Verbindung.

Die Analyse einer zu einer anderen Zeit wahrscheinlich auf ähnliche Weise dargestellten Verbindung gab folgendes ganz ähnliches Resultat:

		Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	73,75	9,26
Kohlensäure	24,73	17,89
Wasser	1,52	1,35
	100,00.	

Alle untersuchten Niederschläge des kohlensauren Cadmiumoxyds erweisen sich bei der mikroskopischen Besichtigung als sehr feinkörnige nicht krystallinische Massen.

Wegen des sehr geringen Wassergehaltes in den Niederschlägen des kohlensauren Cadmiumoxyds und wegen der bedeutenden Verwandtschaft des Cadmiumoxyds zur

Kohlensäure können dieselben einer ziemlich hohen Temperatur ausgesetzt werden, ohne ihre Kohlensäure zu verlieren. Die Verbindung, welche beim Versuch II. erhalten worden war, wurde längere Zeit einer Temperatur von 180° C. ausgesetzt, wodurch sie einen Gewichtsverlust von 1,50 Proc. erlitt, und dann folgende Zusammensetzung zeigte:

		Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	74,34	9,33
Kohlensäure	23,00	16,73
Wasser	2,66	2,36
	100,00.	

Sie hatte also nur eine sehr unbedeutende Menge von Kohlensäure aufser Wasser verloren.

Noch auffallender aber ist folgendes Resultat: Die Verbindung, welche beim Versuch I. erhalten worden war, wurde 3 Stunden einer Temperatur von 300° C. ausgesetzt, wodurch ein Gewichtsverlust von 2,33 Proc. entstand. Die Zusammensetzung war dann folgende:

	Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	73,83
Kohlensäure	23,20
Wasser	2,97
	100,00.

Auch hier ist der Verlust bei einer so hohen angewandten Temperatur ein äufserst geringer.

Hinsichtlich der Verwandtschaft zur Kohlensäure findet also zwischen dem Cadmiumoxyd, und dem ihm sonst so ähnlichen Zinkoxyd ein bedeutender Unterschied statt. Aus der Verbindung des Zinkoxyds mit Kohlensäure treibt Wasser bedeutende Mengen, aus der des Cadmiumoxyds aber nur sehr geringe Mengen von Kohlensäure aus. Die Verbindungen des kohlensauren Zinkoxyds mit Zinkoxydhydrat verlieren schon bei 200° C. die Kohlensäure und das Wasser, und das neutrale kohlensaure Zinkoxyd bei 300° C. die Kohlensäure. Aber einer Temperatur von 300° C. ausgesetzt, verliert das kohlensaure Cadmiumoxyd

nicht die Kohlensäure und nur etwas Wasser, was gewifs auffallend erscheinen mufs.

Die geringe Verwandtschaft des Cadmiumoxyds zum Wasser, und die gröfsere zur Kohlensäure ergiebt sich schon daraus, dafs das Cadmiumoxydhydrat, wie diefs schon Stromeyer angiebt, leicht Kohlensäure anzieht.

Das Hydrat wurde aus einer schwefelsauren Cadmiumoxydlösung durch einen Ueberschufs von Kalihydrat in der Kälte gefällt. Der weifse voluminöse Niederschlag wurde nach dem Absetzen filtrirt und mit kaltem Wasser so lange ausgewaschen bis das Waschwasser beim Verdampfen keinen Rückstand hinterliefs. Er war dann frei von Schwefelsäure. Nach dem Trocknen, zuerst bei gelinder Wärme und dann bei 100° C., zeigte er folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff:
Cadmiumoxyd	83,02	10,42
Wasser	12,53	11,14
Kohlensäure	4,45	3,24
	100,00.	

In der Verbindung sind ungefähr gegen 5 Atome Cadmiumoxydhydrat, $\dot{C}d\dot{H}$, ein Atom kohlensaures Cadmiumoxyd enthalten. Dann ist noch ein Ueberschufs von $1\frac{1}{3}$ Atom Wasser, das vielleicht mit dem kohlensauren Cadmiumoxyd verbunden ist.

Wurde das bei 100° C. getrocknete Hydrat bis zu 170° C. erhitzt, so verlor es 0,6 Proc. am Gewicht, aber noch nicht seine weifse Farbe. Bei 200° C. erhält es eine schwach gelbliche Farbe und hatte 6,93 Proc. am Gewicht verloren. Die Farbe wurde bei 240° C. dunkler gelb, und der Gewichtsverlust betrug bei dieser Temperatur 8,43 Proc. Einer Temperatur von 300° C. ausgesetzt, wurde er orangefarben und hatte einen Gewichtsverlust von 9,22 Proc. erlitten, der sich nicht vermehrte, als die Verbindung lange dieser Temperatur ausgesetzt blieb. Dann hatte es aber den Wassergehalt gänzlich verloren, und sich in eine Mengung von kohlensaurem Cadmiumoxyd mit Cadmiumoxyd, oder

in ein basisch kohlensaures Cadmiumoxyd verwandelt. Die Zusammensetzung der Verbindung war nämlich folgende:

		Sauerstoff.
Cadmiumoxyd	91,06	11,43
Kohlensäure	10,19	7,41
	101,25.	

Diefs entspricht einer Verbindung von $\dot{Cd}\ddot{C}+2\dot{Cd}$. Der Ueberschufs, der sich bei der Analyse zeigte, ist auffallend. Sie war auf die Weise angestellt, dafs in einem Theile der Verbindung die durch eine Säure ausgetriebene Kohlensäure, und dafs in einem andern Theile die Menge des Cadmiumoxyds durchs Glühen bestimmt wurde.

Es ist vielleicht möglich, dafs auf diese Weise die Menge des Cadmiumoxyds um etwas zu grofs ausgefallen ist. Denn es ist merkwürdig, mit welcher Hartnäckigkeit das Cadmiumoxyd beim Glühen eine geringe Menge von Kohlensäure behält. Man mufs das kohlensaure Oxyd lange und anhaltend glühen, wenn man es vollständig von der Kohlensäure befreien will. In einem Reagenzglase ist es nach langem Glühen über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge nicht gut möglich, diefs zu erreichen; man mufs das kohlensaure Salz in einem kleinen Platintiegel einer anhaltenden Glühhitze aussetzen, wenn bei der Auflösung in einer Säure keine Kohlensäureentwicklung statt finden soll. Uebergiefst man ein schwach, oder selbst ziemlich stark geglühtes kohlensaures Cadmiumoxyd mit sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure und läfst das Ganze in der Kälte einige Zeit stehen, so löst sich nach und nach Cadmiumoxyd auf, während eine geringe Menge einer weifsen Substanz sichtbar wird, die kohlensaures Oxyd ist, das vom Cadmiumoxyde umhüllt war. Durch ein geringes Erwärmen, oder durch längeres Stehen löst es sich auf.

Beim Erhitzen und Glühen des kohlensauren Cadmiumoxyds bemerkte ich noch eine Erscheinung, welche Aufmerksamkeit verdient. Erhitzt man dasselbe in einem Reagenzglase plötzlich stark vermittelst einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, so erhält man ein geringes Sublimat

von metallischem Cadmium, das nicht entsteht, wenn man dasselbe kohlensaure Oxyd erst sehr allmälig und dann stark erhitzt. Ich lasse es dahingestellt, wodurch die geringe Reduction des Metalls bei plötzlicher Hitze bewirkt wird. Es ist mir nicht wahrscheinlich, dafs eine geringe Menge organischer Materie es gewesen ist, wodurch diese Wirkung hervorgebracht wurde. Vielleicht bildet sich bei plötzlicher Hitze ein Suboxyd des Cadmiums, das darauf gleich in Oxyd und in Metall zerfällt. Bekanntlich ist es Marchand gelungen, aus dem oxalsauren Cadmiumoxyd durch Erhitzen ein Suboxyd darzustellen.

9. Ueber die Verbindungen der Kohlensäure mit dem Silberoxyd.

Unter den eigentlichen Metalloxyden ist das Silberoxyd vielleicht die stärkste Base. Es zeigt auffallender Weise fast gar keine Verwandtschaft zum Wasser wohl aber eine bedeutende zur Kohlensäure. Wenn man daher die Auflösung eines Silberoxydsalzes durch ein kohlensaures Alkali zersetzt, so erhält man neutrales kohlensaures Silberoxyd und zwar ohne Wassergehalt, sowohl wenn concentrirte als auch wenn verdünnte, und selbst heifse Auflösungen zersetzt werden.

I. Ein Atomgewicht des salpetersauren Silberoxyds, in sechs Theilen kalten Wassers gelöst, wurde durch die Auflösung eines Atoms kohlensauren Natrons gefällt. Der käsigte Niederschlag war anfangs weifs, wurde aber nach kurzer Zeit gelb. Bei der Fällung war keine Kohlensäureentwicklung zu bemerken. In der filtrirten Lösung wurde durch Chlorwasserstoffsäure eine geringe Opalisirung hervorgebracht. Auch beim Auswaschen mit kaltem Wasser löste sich der Niederschlag in geringer Menge auf.

Die Untersuchung des bei 100° C. getrockneten Niederschlags geschah auf die Weise, dafs, nach dem Trocknen, aus demselben durch Salpetersäure die Kohlensäure ausgetrieben und dem Gewichte nach bestimmt wurde, worauf

auf man aus der erhaltenen Auflösung das Silberoxyd durch Chlorwasserstoffsäure fällte.

Der bei 100° C. getrocknete Niederschlag hatte folgende Zusammensetzung:

Silberoxyd	83,73
Kohlensäure	15,81
	99,54.

II. Das Silbersalz wurde in 60 Theilen kalten Wassers gelöst, und in der Kälte durch die Auflösung von einem Atom kohlensaurem Natron gefällt. Die Fällung geschah beim Ausschluſs des Lichts; der Niederschlag muſste sich ebenfalls im Dunklen absetzen. Er war jedoch von hellgelber Farbe. Die filtrirte Flüssigkeit sowohl so wie auch, da das kohlensaure Silberoxyd in geringer Menge im Wasser auflöslich ist, das Waschwasser brachten, mit Chlorwasserstoffsäure versetzt, eine geringe Opalisirung hervor.

Bei 100° C. getrocknet zeigte sich der Niederschlag folgendermaſsen zusammengesetzt:

Silberoxyd	84,22
Kohlensäure	15,78
	100,00.

III. Es wurde das Silberoxyd in sechs Theilen heiſsen Wassers gelöst, und durch ein Atom kohlensaures Natron kochend gefällt. Der Niederschlag war von citronengelber Farbe; durch fortgesetztes Kochen des Ganzen schwärzte er sich nicht. Bei der Zersetzung konnte keine Kohlensäureentwicklung bemerkt werden. Die filtrirte Flüssigkeit trübte sich durch Chlorwasserstoffsäure stärker als die, welche bei den Versuchen I. und II. durch Zersetzung in der Kälte erhalten worden war. Das Auswaschen geschah durch heiſses Wasser, wodurch sich ebenfalls kohlensaures Silberoxyd auflöste.

Die Zusammensetzung des bei 100° C. behandelten Niederschlags war folgende:

Silberoxyd	83,91
Kohlensäure	15,88
	99,79.

IV. Die Zersetzung gleicher Atomgewichte beider Salze geschah, nachdem das Silbersalz in 60 Theilen kochendem Wasser gelöst war. Es entstand ein gelber Niederschlag, ohne dafs Kohlensäuregas sich entwickelte; beim längeren Kochen wurde er schmutzig hellbraun, aber nicht schwarz. Die filtrirte Flüssigkeit und das Waschwasser wurden durch Chlorwasserstoffsäure stark getrübt.

Bei 100° C. getrocknet war die Fällung folgendermafsen zusammengesetzt:

Silberoxyd	84,28
Kohlensäure	15,97
	100,25.

Obgleich die Fällungen aus verdünnten Auflösungen eine etwas gröfsere Menge von Silberoxyd, als die aus concentrirten Auflösungen zeigten, so ist der Unterschied doch sehr gering; das Mittel der Resultate der vier Analysen stimmt mit der berechneten Zusammensetzung des neutralen kohlensauren Silberoxyds überein.

	Mittel.	Sauerstoff.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	84,03	5,79	84,05
Kohlensäure	15,86	11,47	15,95
	99,89.		100,00.

Alle vier Niederschläge waren nach dem Trocknen in ihrem äufseren Ansehen wenig von einander verschieden; sie hatten alle dadurch eine aschgraue Farbe angenommen. Auch bei der mikroskopischen Besichtigung konnte in ihnen kein Unterschied wahrgenommen werden. Sie bestanden alle aus sehr feinkörnigen, nicht krystallinischen, oder wenigstens nicht deutlich krystallinischen Massen, die bisweilen reihenweise aneinander klebten.

V. Wird ein Atomgewicht des salpetersauren Silberoxyds in 60 Theilen heifsen Wassers aufgelöst, und durch die Auflösung von zwei Atomgewichten kohlensauren Natrons zersetzt, so entsteht ein gelber Niederschlag, der

aber beim ferneren Kochen des Ganzen sehr bald schmutzig braun wird. Durch Hinzufügung eines dritten Atoms von kohlensaurem Natron wird der Niederschlag beim Kochen noch dunkler gefärbt, und durch Hinzufügung des vierten Atoms vom Alkali endlich schwarz. Bei der mikroskopischen Besichtigung unterschied sich dieser Niederschlag wesentlich von denen der vier anderen Versuche. Er bestand zwar zum Theil aus denselben körnigen Massen wie jene, war aber gemengt mit feinen nadelförmigen Krystallen. — Nach dem Trocknen bei 100° C. hatte er eine dunkelbraune Farbe und folgende Zusammensetzung:

		Sauerst.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	88,22	6,08	3	88,72
Kohlensäure	11,20	8,10	2	11,28
	99,42.			100,00.

Durch den Einflufs einer grofsen Menge von kohlensaurem Alkali, nicht durch das Wasser, wird beim Kochen dem kohlensauren Silberoxyd Kohlensäure entzogen und ein basisches, aber wasserfreies Salz gebildet. Würde die Kohlensäure durch das Wasser aus dem Silberoxyde ausgetrieben worden seyn, so würde sich Silberoxydhydrat gebildet, und mit kohlensaurem Silberoxyd verbunden haben.

Das überschüssige kohlensaure Alkali entzieht also dem kohlensauren Silberoxyd aus keiner andern Ursach einen Theil der Kohlensäure, als um zweifach-kohlensaures Alkali zu bilden, das freilich beim Erhitzen zersetzt, und in einfach-kohlensaures Alkali verwandelt wird. Dafs aber die entstandene Verbindung ein wirklich basisches kohlensaures Silberoxyd, $3\dot{A}g + 2\dot{C}$ ist, wird durch die mikroskopische Untersuchung zweifelhaft. Nach dieser besteht es vielleicht aus kohlensaurem Silberoxyd und aus Silberoxyd.

Ungeachtet das Silberoxyd eine bedeutende Verwandt-

schaft zur Kohlensäure zu haben scheint, und Wasser wenigstens nicht im Stande ist aus dem kohlensauren Silberoxyd, selbst bei erhöhter Temperatur, Kohlensäure zu vertreiben, so verliert es doch bei erhöhter Temperatur die Kohlensäure früher als den Sauerstoff.

Das bei 100° C. getrocknete kohlensaure Silberoxyd von dem Versuche I. erlitt, bis zu 150° C. erhitzt, keinen Gewichtsverlust. Aber bei 200° C. nahm das Gewicht des Salzes langsam ab, bis es nach 24 stündigem Erhitzen 15,66 Proc. am Gewicht verloren hatte, worauf es sich bei dieser Temperatur nicht mehr veränderte.

Der Rückstand war von brauner Farbe. Er löste sich ohne die mindeste Entwicklung von Kohlensäure, von salpetrichter Säure oder von Stickstoffoxydgas in Salpetersäure auf. Das kohlensaure Silberoxyd hatte sich also bei 200° C. in Silberoxyd verwandelt, und seine Kohlensäure vollständig verloren.

Wird der Rückstand bis zu 300° C. erhitzt, so vermindert er sich in seinem Gewichte nach und nach. Als aber die Temperatur noch um etwas erhöht wurde, so dafs sie nicht mehr durch ein Quecksilberthermometer angezeigt werden konnte, verlor er an Gewicht, wurde weifs, und verminderte dann durch nachheriges Glühen sein Gewicht nicht mehr. Der Gewichtsverlust von 1,175 Grm. betrug 0,085 Grm. Das erhaltene Silber entspricht 1,171 Grm. Silberoxyd.

Um genau die Temperatur, bei welcher das Silberoxyd anfängt Sauerstoff zu verlieren, und um zu gleicher Zeit einen Wassergehalt im gefällten Silberoxyd zu bestimmen, wurde aus einer Auflösung des salpetersauren Silberoxyds das Silberoxyd durch Kalkwasser so gefällt, dafs ein Theil des Silberoxydsalzes noch unzersetzt blieb. Die Fällung geschah in der Kälte; der Niederschlag wurde mit kaltem Wasser ausgewaschen. Das gefällte Oxyd zieht im feuchten Zustand Kohlensäure aus der Luft an, wie diefs auch schon Fischer bemerkt hat. Wenn der feuchte Niederschlag möglichst schnell bei 100° C. getrocknet wird, so

hat er sein Wasser vollständig verloren, aber eine geringe Menge von Kohlensäure aufgenommen.

Das Silberoxyd hat also zum Wasser eine so schwache Verwandtschaft, dafs es kein Hydrat bildet, wenigstens keins, dafs bei 100° bestehen kann. Der bei 100° getrocknete Niederschlag hatte folgende Zusammensetzung:

Silberoxyd	98,03
Kohlensäure	2,62
	100,65.

Eine andere Menge der bei 100° behandelten Fällung einer Temperatur von 200° ausgesetzt, verlor nur 1,80 Proc., also weniger Kohlensäure als die von dem andern Versuche. Wurde die Temperatur bis zu 250° gesteigert, so war der Gewichtsverlust 1,90 Proc. Beim Uebergiefsen des Rückstandes mit Salpetersäure wurde keine Spur von Kohlensäure ausgetrieben, welche schon bei 200° verjagt worden war, aber beim Erwärmen fand eine sehr geringe Gasentwicklung statt, die aber von Stickstoffoxydgas herrührte. Denn bei 250° hatte sich schon eine sehr geringe Menge von metallischem Silber gebildet, dessen Gegenwart sich schon dadurch sichtlich machte, dafs die Oberfläche des bei 250° erhitzten Rückstands eine weifsliche Farbe zeigte. Durchs Glühen verlor dieser Rückstand 6,35 Proc. an Gewicht, woraus sich ebenfalls ergiebt, dafs er schon etwas metallisches Silber enthalten mufste, denn reines Silberoxyd würde einen Gewichtsverlust von 6,89 Proc. erlitten haben.

Bei einer Temperatur von 250° C. fängt daher das Silberoxyd an, seinen Sauerstoff zu verlieren. In einigen Lehrbüchern der Chemie wird angegeben, dafs das Silberoxyd erst bei der Glühhitze seinen Sauerstoffgehalt verliert und sich in metallisches Silber verwandelt.

Bei einem andern Versuche erlitt der bei 100° C. getrocknete Niederschlag einen Gewichtsverlust von 2,80 Proc., als er längere Zeit einer Temperatur von 200° ausgesetzt wurde. Durch Glühen wurden 90,85 Proc. Silber erhal-

ten, welche 97,58 Silberoxyd entsprechen. Der bei 100° behandelte Niederschlag bestand also aus

Silberoxyd	97,58
Kohlensäure	2,80
	100,38.

(Fortsetzung folgt.)

XVI. *Ueber das optische Verhalten eines aus Bergkrystall geschnittenen Prismas, dessen eine Fläche rechtwinklich zur Krystallaxe ist; vom Fürsten zu Salm-Horstmar.*

A B C d a d b

Läfst man ein Prisma aus Bergkrystall so schneiden, dafs die Fläche *AB* rechtwinklich zur Axe des Krystalls ist und die Flächen *AC* und *BC* sich unter einem Winkel von 54½° schneiden, und die Flächen *BA* und *CA* sich unter demselben Winkel schneiden, so dafs ein auf *BC* senkrecht einfallender Lichtstrahl parallel mit der Axe des Krystalls im Innern reflectirt wird, und wird dieses Prisma so aus dem Krystall geschnitten, dafs die Durchschnittslinie *AB* des Prismas, rechtwinklich zu zwei parallelen Flächen der sechsseitigen Säule des Krystalls ist, so dafs *Aa*, *dd* und *Bb* die sichtbaren Seitenkanten der sechsseitigen Säule darstellen, so finden folgende Erscheinungen statt:

Läfst man den von einem Nicol polarisirten Strahl senkrecht auf die rechtwinklich zur Axe geschnittenen Fläche fallen und von einer der beiden andern Flächen reflectiren und läfst den ausfahrenden Strahl durch ein Nicol ins Auge gelangen, so erscheinen farbige Streifen von den schönsten Complementarfarben, blaugrün und hell purpur. — Aber

merkwürdig ist es, dafs man diese Erscheinung auch mit *unbewaffnetem* Auge, mit den schönsten Farben sieht. Ist der einfallende Strahl nicht polarisirt, so findet es nicht statt.

Wenn man den reflectirten zuvor polarisirten Strahl zu der senkrecht zur Axe geschnittenen Fläche austreten läfst, sieht man mit unbewaffnetem Auge *keine* Streifen, aber mit dem Nicol sehr schön, — wenn *AC* die reflectirende Fläche ist; reflectirt *BC* den Strahl, so sind nur sehr schmale Streifen an einer Seite, nämlich an der Seite des Gesichtsfeldes zu sehen, welche der reflectirenden Fläche zunächst liegt.

Alle Streifen werden parallel der reflectirenden Fläche gesehen, wenn gleich der Ausdruck parallel hier nicht ganz streng zu nehmen ist, da die Streifen einer Hyperbel anzugehören schienen.

Läfst man den durch das Nicol einfallenden Strahl auf eine der beiden andern Flächen stellen und ihn von der senkrecht zur Axe geschnittenen Fläche reflectiren, so sieht man auch mit dem Nicol keine Streifen, keine Farben.

Der Krystall, woraus ich dieses Prisma schneiden liefs, war ein linksdrehender rauchbrauner Bergkrystall, übrigens vollkommen klar und rein.

Bemerken mufs ich noch, dafs die farbigen Streifen, bald lebhaft, bald sehr schwach erschienen, und dafs dieser Wechsel bei 45° Drehung des Nicols stattfindet.

Die Farben, welche man durch das Nicol sieht, sind folgende:

1) Fällt der linear polarisirte Strahl rechtwinklich ein auf die Fläche *AB* (die rechtwinklich ist zur optischen Axe des Krystalls) und wird im Innern von Fläche *AC* reflectirt, so sieht man durch die Fläche *BC*, mit einem Nicol, die Farben in nachstehender Folge in den Streifen:

gelblichweifs, gelb, purpur, blau.

2) Fällt der Strahl aber umgekehrt, durch BC auf gleiche Art in den Krystall, wird von AC im Innern reflectirt und durch AB austretend mit dem Nicol betrachtet, so ist die Farbenfolge in den Streifen
blau, purpur, gelb, gelblichweifs.

Die Reihenfolge ist also umgekehrt, je nachdem der Strahl parallel mit der Krystallaxe in den Krystall fällt — oder parallel mit der Axe austritt. — Mit einem auf gleiche Weise und unter gleichen Winkeln geschnittenen Kalkspath-Prisma finden keine farbige Streifen-Erscheinungen statt, nur ein allgemeines mattes Blau, wenn man durch das Nicol betrachtet [1]).

1) Der geehrte Hr. Verfasser war so gütig, mir kurz vor dem Abdruck dieser Notiz das beschriebene Prisma zu übersenden. Wenn ich mir nach flüchtiger Betrachtung des Phänomens ein Urtheil erlauben darf, so ginge es dahin, das Erscheinen der farbigen Bogen bei *unbewaffnetem* Auge daraus abzuleiten, dafs der hintere Theil des Prismas, eben wegen seiner prismatischen Gestalt, für das Licht, welches durch den vorderen, als Platte zu betrachtenden, Theil gegangen ist, die Rolle eines unvollkommnen Zerlegers spielt. Eine Combination von einer rechtwinklich gegen die Axe geschnittenen Platte und einem Prisma, dessen brechende Kante mit der Axe zusammenfiele, würde offenbar das Phänomen noch besser zeigen. — Uebrigens sieht man auch, zwar schwieriger, aber doch sehr deutlich, andere Farbenstreifen, und zwar geradlinige, wenn unpolarisirtes Licht durch AB einfällt; mehre der hiesigen Physiker sahen sie an obigem Prisma und Hrn. Prof. Dove waren sie schon bekannt. Diese Streifen entstehen ohne Zweifel daraus, dafs der parallel der Axe fortgehende Doppelstrahl bei Reflexion an der Fläche AC zerlegt wird, und seine Theile dann mit einander interferiren. *P.*

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1852. ANNALEN № 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXV.

I. *Beobachtungen über Zerstreuungsbilder im Auge, sowie über die Theorie des Sehens; von Dr. Fliedner in Hanau.*

1. In diesem Aufsatz werde ich Erscheinungen beschreiben, die auf der Unvollkommenheit des Accomodationsvermögens der Augen beruhen[1]) und die daher nicht von allen Augen gleich gut beobachtet werden. Vielleicht um des letzteren Umstandes willen sind sie bisjetzt ziemlich unbeachtet geblieben und man stöfst häufig noch auf unrichtige oder doch unklare Ansichten darüber, weshalb die nachfolgenden Beobachtungen und Erklärungen nicht ohne Nutzen seyn dürften.

Solche Augen, welche zum völlig deutlichen Sehen in die Ferne eines Concavglases von 10 par. Zoll und darüber bedürfen, werden die im Folgenden beschriebenen Erscheinungen bei einiger Aufmerksamkeit leicht beobachten, sehr kurzsichtige oder weitsichtige allerdings manche derselben schwieriger; doch dürfte es wenige Augen geben, die bei entsprechender Wahl der Entfernungen und einiger Aufmersamkeit nicht alle Erscheinungen wahrnehmen könnten.

Meine beiden Augen sind weder kurzsichtig noch weitsichtig, indessen haben sie, wie diefs häufig der Fall ist, nicht gleiche Sehweiten. Ich kann die Druckschrift dieser Annalen ohne besondere Anstrengung bei mäfsigem Tageslicht mit meinem linken Auge in Entfernungen von $4\frac{1}{2}$ bis 33, mit meinem rechten Auge innerhalb $3\frac{1}{2}$ bis 24 par. Zoll

1) Die ersten 16 Nummern dieses Aufsatzes waren bereits niedergeschrieben, als ich die *bemerkenswerthen* Erscheinungen der No. 18 und besonders der No. 19 wahrnahm, was ich rücksichtlich der Ueberschrift und einiger Punkte der Darstellung hier anführen zu müssen glaubte.

lesen, bedarf also für die gewöhnlichen Gegenstände des Sehens keiner künstlichen Beihülfe.

2. Fast allen Augen erscheinen die Sterne in strahlenförmiger Gestalt. »Die überdeckenden Strahlen und Schwänze«, sagt A. v. Humboldt im 3. Bande seines *Kosmos,* S. 67, »welche unserem Auge als von den Planeten und Fixsternen ausgehend erscheinen und seit den frühesten Zeiten der Menschheit in bildlichen Darstellungen, besonders bei den Aegyptern, die glänzenden Himmelskörper bezeichnen (Hassenfratz erklärt sie für Brennlinien, *intersections de deux caustiques,* auf der Krystalllinse) haben mindestens 5 bis 6 Minuten Länge.« Ferner S. 166: »Ich sehe sehr regelmäſsig acht Strahlen unter Winkeln von 45° bei Sternen 1ter bis 3ter Gröſse........ Einige meiner astronomischen Freunde sehen nach oben hin 3 höchstens 4 Strahlen und nach unten keine«.

Ganz dieselben Strahlengestalten gewahrt man auch bei entfernten Lichtern oder überhaupt leuchtenden Gegenständen, die unter einem kleinen Winkel erscheinen. Sie sind für verschiedene Personen und selbst für die beiden Augen eines Individuums verschieden, für ein und dasselbe Auge aber constant, wenigstens, wenn man davon absieht, daſs bei gröſserer Intensität des Lichts und geringerer Entfernung noch Strahlen auftreten, die unter anderen Verhältnissen nicht mehr erscheinen.

Fig. 1 Taf. III. stellt dar, unter welcher Form ich einen Stern oder überhaupt einen entfernten leuchtenden Punkt mit meinem *linken*, Fig. 2, wie ich ihn mit meinem *rechten* Auge sehe. In beiden Figuren sind nur die hellsten, immer sichtbaren Strahlen gezeichnet. Ein gewöhnliches Licht muſs viele 100 Fuſse von mir entfernt seyn, wenn ich nur diese und nicht auch noch andere minder intensive Strahlen sehen will. Die stärkste Lichtintensität gewahre ich an den mit *a* bezeichneten Stellen, ein rundes Bild des Lichtpunktes nur in meinem rechten Auge. Man sieht, eine solche Regelmäſsigkeit der Figur, wie sie oben A. v. Humboldt für seine (beiden?) Augen angiebt, stellt sich in den meinigen nicht

dar, und ebenso wenig in denen vieler mir bekannten Personen. Die von Hassenfratz geäufserte Meinung [1]), dafs ziemlich allgemein zwei Strahlen in der Richtung der Augenlieder und ein darauf senkrechter gesehen würden, dafs einige Beobachter in der Verlängerung des letzteren noch einen vierten unterscheiden u. s. w. dürfte der Wahrheit wenigstens nahe kommen [2]).

Betrachte ich einen leuchtenden Punkt mit beiden Augen zugleich, so tritt in der Regel sein Bild in meinem rechten weniger gut in die Ferne sehenden Auge ganz zurück, manchmal, jedoch selten, combinirt sich ein Theil der ihm zugehörigen Strahlen mit denen des linken Auges.

Von diesen constanten Strahlengebilden sind jene ephemeren meist breiten und langgestreckten Lichtstreifen leicht zu unterscheiden, die von der Zerstreuung des Lichts an der zwischen je zwei Wimperhaaren befindlichen Thränenflüssigkeit herrühren und die nicht Gegenstand dieses Aufsatzes sind.

Die hier zu betrachtende Erscheinung kann man solchen Augen, die nicht sehr scharf in die Ferne sehen, schon bequem im Zimmer vorführen, sowohl durch ein enges Loch in einer vor einem Licht oder dem Himmel befindlichen schwarzen Scheibe, als durch einen in der Mitte einer solchen Scheibe befindlichen runden metallenen Knopf, den man bis auf einen Kreis von etwa 1 bis 2 Millm. gleichfalls schwärzt und mit der Scheibe so anbringt, dafs er das durch ein Fenster einfallende Tageslicht ins Auge reflectirt.

3. Man überzeugt sich leicht, dafs die Ursache dieser Erscheinung nicht in den leuchtenden Körpern, sondern im Auge selbst liegt; denn bei einer Drehung des Kopfs in der verticalen Ebene zur Rechten oder zur Linken, dreht sich die Strahlengestalt um denselben Winkel; auch zeigt

1) *Annales de chimie. Tome* 72 (1809) *p.* 5.

2) Die etwas gedrehte und verzerrte Figur in meinem rechten Auge hängt entschieden mit einer eigenthümlichen Erscheinung in demselben zusammen. Davon vielleicht später.

das Spiegelbild eines leuchtenden Punktes nicht die gegenbildliche, sondern die ebenbildliche Strahlenform.

Manche scharf in die Ferne sehende Personen erkennen die Strahlenform nur an den hellsten Sternen oder an intensiven Lichtern in sehr weiter Entfernung, es sey denn, dafs sie ihr Auge in der Richtung des Sterns oder Lichts auf einen näher gelegenen Gegenstand fixiren oder den Brechungszustand des Auges durch Drehung des Augapfels nach innen verändern. Kurzsichtigen erscheinen alle Sterne als mehr oder minder helle Scheiben und die hellen Punkte müssen ihrem Auge sehr genähert werden, wenn sie die Strahlenform wahrnehmen sollen. Bei Anwendung passender Augengläser verschwindet sie, und ebenso, wenn man durch ein sehr enges Loch z. B. in einem Kartenblatt sieht.

Hiernach liegt die Erklärung nahe, dafs die Erscheinung der Strahlengestalt im Wesentlichen von der Unvollkommenheit des Accomodationsvermögens der Augen herrühre, dafs die Augen nicht vermögen, die von dem fernen leuchtenden Punkte herkommenden Lichtstrahlen in einem Punkte auf der Netzhaut zu vereinigen, sondern dafs diese in einem oder mehreren Punkten schon vor der Netzhaut zusammentreffen und von da weitergehend Zerstreuungsbilder auf die Netzhaut werfen. Hieraus würde sich allerdings die Ausbreitung des Lichtpunktes im Auge, noch nicht aber das Strahlenförmige derselben erklären. Hassenfratz sucht in dem oben angeführten Aufsatz die Ursache dieses Strahlenförmigen in den unregelmäfsigen Formen der Krystalllinse und der Cornea. Er sagt unter Anderm: »*On observe constamment les deux images ellipsoïdales et croisées* (Fig. 3 Taf. III.) *en faisant passer un rayon de lumière solaire, la lumière d'une bougie un peu éloignée etc. à travers une lentille ellipsoïdale; la même image s'observe encore en faisant passer ces lumières au travers de surfaces irrégulières telles, par exemple que, des fioles à médecine, des caraffes pleines d'eau etc. etc.*« und nachdem er die Resultate seiner Untersuchungen vieler Krystalllinsen gegeben hat, fährt er fort: »*Puisque la courbe formée*

par les plans des deux segmens antérieurs et postérieurs des cristallins, n'est pas un cercle, il s'ensuit que leurs surfaces n'appartiennent pas à des sphères; de là, que les rayons de lumière qui passent à travers doivent avoir autant de foyers différens que l'on peut concevoir de rayons osculateurs qui ont engendré leurs surfaces; qu'ainsi le cristallin seul, par l'irrégularité de ses surfaces peut produire en tout ou en partie les rayonnemens que l'on apperçoit en regardant des lumières très éloignées. La surfaces de la cornée ne paraissant pas être exactement un segment de sphère, doit encore contribuer à faire naître de nouveaux foyers, de là de nouveaux rayonnemens: ainsi tout parait concourir à rapporter la génération des rayonnemens que laissent apercevoir les lumières éloignées et vues sous un très petit angle, à l'action réunie du cristallin et de la cornée, c'est-à-dire, à la nature de leur surfaces courbes etc.«

4. Wenn man sich einem strahlenförmig leuchtenden Punkt, (z. B. dem engen Loch in einem vor ein Licht oder den Himmel gehaltenen geschwärzten Kartenblatt oder dem hinter einer Convexlinse erzeugten reellen Bilde eines fernen Lichts u. s. w.) allmälig nähert, so nehmen die Strahlen nach und nach ab, aber nach *einer* Richtung mehr als nach andern; man gewahrt einen Lichtstreifen von ungleicher Intensität, und auch dieser nimmt endlich ab, so dafs man jetzt während einer gewissen Strecke der Näherung (in der sogenannten deutlichen Sehweite) die wahre Gestalt des Lichtpunktes erkennt. Nähert man sich noch mehr, so findet wieder eine Erweiterung des Lichtpunkts zu einem Streifen, aber nach einer auf der vorherigen senkrechten Richtung statt, der dann abermals in eine Strahlengestalt und bei noch gröfserer Annäherung in einen von der Form der Pupille abhängigen, fast gleichmäfsig beleuchteten Kreis übergeht. Da diese letzteren Zerstreuungsbilder dadurch zu entstehen scheinen, dafs die von dem allzunahen leuchtenden Punkt kommenden und im Auge gebrochenen Strahlen vor ihrer Vereinigung auf die Netzhaut fallen, so liegt die Vermuthung nahe, dafs die dabei auftre-

tende Strahlenform die Umkehrung derjenigen sey, welche von einem fernen Punkte im Auge entsteht. Ich habe für mein linkes Auge diese Vermuthung bestätigt, jedoch die Figur etwas gedreht gefunden; in meinem rechten ist die Aehnlichkeit weniger erkennbar.

5. Im Vorhergehenden war nur von einer Strahlenform *leuchtender* Körper die Rede. Man kann sich indessen auch leicht überzeugen, daſs nicht bloſs überhaupt jeder helle Punkt auf dunkelm, sondern auch jeder *dunkele auf hellem Grunde* ganz dieselbe Erscheinung darbietet. Wer sich einmal an einem leuchtenden Punkte die seinem Auge eigenthümliche Strahlengestalt gemerkt hat, wird bei geeigneter, für jedes Auge erst zu suchender Entfernung ganz dieselbe Form auch z. B. an jedem auf den Himmel projicirten Fleckchen auf einer Fensterscheibe erkennen. Auf einer mit weiſsem Papier überzogenen Scheibe, in deren Mitte sich ein, 3 Millm. im Durchmesser haltender schwarzer Kreis befindet, vermag ich die meinem linken Auge entsprechende Strahlenform bei mäſsiger Beleuchtung noch in einer Entfernung von 16 bis 18 Fuſs als graue Flecken deutlich zu erkennen. Diese Erscheinung ist leicht zu erklären: da die Zerstreuungsbilder jedes Punktes der weiſsen Scheibe auf der Netzhaut theilweise auf einander fallen, von dem schwarzen Kreis aber kein Licht ausgeht, so werden gewisse Stellen auf der Netzhaut weniger beleuchtet und diese verursachen jene graue Strahlengestalt. Ein feines weiſses Sandkörnchen auf einer schwarzen, oder ein schwarzes auf einer weiſsen Fläche giebt mir gleichfalls, nahe vors Auge gehalten, die entsprechende Strahlenform rein und deutlich. Ebenso erscheint mir ein gelber Punkt auf blauer Fläche als grüner Stern u. s. w.

6. Ich werde hernach einige diese Punktbilder betreffenden auffallenden Beobachtungen beschreiben und erklären, vorher aber will ich den Zusammenhang nachweisen, in welchem sie und ihre besonderen Formen mit den schattenartigen Streifen und Bändern stehen, womit die meisten Augen die Gränzen entfernter und sehr naher Ge-

genstände umgeben sehen, wenn sie auf einem anders gefärbten (helleren oder dunkleren) Grunde projicirt sind.

Solche *Zerstreuungsfransen* gewahrt man z. B. um den dicht vors Auge gehaltenen Finger, sowie um den Rand der eigenen Nase, wenn man mit einem Auge darnach blickt; ferner sieht man sie von der Stube aus am Rande der Fensterrahmen, über Dächern und Schornsteinen u. s. w.; insbesondere gehört auch hierher das *Doppelt*- oder *Mehrfachsehen* von fernen Stangen, Telegraphen-Drähten und Thurmspitzen und selbst ganzer Gebäude mit *einem* Auge, sowie das Gröfsererscheinen des beleuchteten Theils des Mondes gegen den dunkeln und die Verbreiterung und Vervielfachung nicht zu ferner Lichtflammen. Die Zerstreuungsfransen sehr naher Gegenstände werden von allen Augen leicht gesehen, nicht aber solcher, welche sich jenseits der deutlichen Sehweite befinden und nicht sehr hell sind; ich habe indessen unter sehr vielen nur einige wenige Personen gefunden, die auch dann noch behaupteten, keine solche Erscheinung wahrzunehmen, nachdem ich sie, was fast bei Allen nothwendig war, vorher besonders darauf aufmerksam gemacht hatte. Die Fransen sind nach ihrer Breite und nach dem Wechsel ihrer hellen und dunkeln Streifen, die sie gewöhnlich zeigen, für verschiedene Augen verschieden und selbst für ein und dasselbe Auge nur bei bleibender Stellung des Kopfs und des Gegenstandes constant. Es ist wichtig zu bemerken, *dafs sie, und besonders das Streifige in ihnen, oft erst bei einer langsamen Drehung des Kopfs nach Rechts oder Links in der verticalen Ebene* (d. h. in der Weise als ob man den Kopf auf die Schulter legen wollte) *aufgefunden oder deutlicher gesehen werden.* (Wir werden später in No. 17 noch ein genaueres Mittel kennen lernen, ihr Vorhandenseyn zu constatiren.)

7. Man mufs die *Zerstreuungsfransen der Ferne* von jenen *der Nähe* wohl unterscheiden. Den Zusammenhang der ersteren mit den Bildern ferner Punkte will ich in besonderer Beziehung auf meine eigenen Augen jetzt nachweisen.

In meinem *linken* Auge und bei aufrecht stehendem Kopf stellt sich das Bild eines fernen Punkts unter der Form abc (Fig. 4 Taf. III.) dar. Betrachte ich nun mit demselben Auge und bei derselben Stellung des Kopfs eine ferne lothrecht stehende dünne Stange auf einem hellern Hintergrunde, so sehe ich sie doppelt in der mit $a_1 b_1 c_1$ bezeichneten Gestalt [1]), nämlich von den Bildern der einzelnen Punkte der Stange setzen sich die Strahlen a und c zum Stangenbild a_1 und c_1, die Strahlen b aber zu dem von b_1 zusammen. Drehe ich nun den Kopf um ungefähr 30° links, so sehe ich die Stange wie in $a_1 b_1 c_1$ (Fig. 5), also gleichfalls doppelt; aber das Bild links ist jetzt dunkler, das Bild rechts etwas weniger dunkel wie vorher, weil jetzt jenes aus den Strahlen b und c, dieses blofs aus den Strahlen a der Punktbilder besteht. Drehe ich den Kopf bis zu 90° links, so sehe ich die Stange dreifach, wie in $a_1 b_1 c_1$ (Fig. 6.); also auch hier die Lage der Stangenbilder der (darüber gezeichneten) Lage des Bildes abc jedes einzelnen Punktes entsprechend. Bei der Drehung des Kopfs nach Rechts bis zu 90° sehe ich die Stange gleichfalls dreifach u. s. w.

Beobachte ich mit meinem *linken* Auge bei aufrechter Stellung des Kopfs die horizontale Gränze zwischen einer schwarzen und einer weifsen Fläche (in Fig. 7 sey S die schwarze, W die weifse Fläche und Aa ihre Gränze), so sehe ich in der deutlichen Sehweite diese Gränze scharf und rein [2]); in gröfserer Entfernung aber scheint das Schwarze ins Weifse und umgekehrt überzutreten und ich bemerke nach W zu eine Franse, die aus zwei dunklen und zwei hellen Streifen besteht, sowie nach S zu eine allmälig ins Schwarze verlaufende. Das Verhältnifs der Breiten dieser Fransen ist durch die punktirten Linien an-

1) Die Striche in den Figuren 4, 5 und 6 sollen nur die relativen Intensitäten der Stangenbilder und ihre relativen Entfernungen von einander bezeichnen.

2) Die in No. 17 angegebenen Beobachtungsmittel haben mir indessen auch hier oft noch das Vorhandenseyn von Zerstreuungsfransen angedeutet.

gedeutet. Sehe ich mit demselben Auge bei aufrechter Stellung des Kopfs nach einem auf den Himmel projicirten Schornstein, so erscheint mir an dem oberen horizontalen Rand eine Zerstreuungsfranse wie die eben beschriebene, an der abwärts gehenden linken Seite eine schmälere mit nur einem dunklen Streifen, an der rechten ist kaum eine ganz schmale bemerkbar. Dagegen sehe ich mit meinem *rechten* Auge oben und rechts eine sehr breite, links eine schmale Franse, das Streifige tritt aber weniger entschieden hervor, wie in meinem linken Auge. Das starke Verrücken der Fransen an den Ecken eines Schornsteins, je nachdem ich mit dem einen oder anderen Auge darnach blicke, sowie die Aehnlichkeit der gezackten Formen der Fransen an diesen Ecken mit den entsprechenden Stellen der Punktbilder, haben mich zu einer genaueren Beobachtung dieser Erscheinung geführt.

8. Die erste Gruppe dieser Erscheinungen bedarf kaum einer weiteren Erklärung, wohl aber die zweite. Ich darf mich dabei auf die Erscheinungen beschränken, welche sich mir darbieten, wenn ich mit meinem linken Auge bei aufrechter Stellung des Kopfs die horizontale Gränze (*Aa*) (Fig. 7) zwischen einer schwarzen (*S*) und einer weifsen Fläche (*W*) betrachte.

Von allen Punkten der weifsen Fläche *W* entstehen Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut, durch deren theilweises Aufeinanderfallen die von der Gränze *Aa* entferntern Theile der Fläche in derselben Intensität erscheinen, als wenn die Lichtstrahlen der einzelnen Punkte genau in entsprechenden Punkten der Retina sich vereinigten. Die Intensität auf jeder dieser Stellen der Netzhaut wird also bedingt durch das Aufeinanderfallen der bezüglichen Theile *abc* (Fig. 1) der Zerstreuungsbilder, welche von den (dem betrachteten) benachbarten Punkten ins Auge gelangen. Die der Gränze *Aa* nahen Punkte der weifsen Fläche (*W*) werfen nun den Theil *a* (Fig. 1) ihrer Zerstreuungsbilder zum Theil auf solche Stellen der Netzhaut, die der schwarzen Fläche *S* entsprechen, und daher scheint das Weifse

ins Schwarze überzugreifen; aber, da keine Lichtstrahlen von der schwarzen Fläche ausgehen, also auch keine (hellen) Zerstreuungsbilder von dort im Auge entstehen, so fehlen an denjenigen Stellen der Netzhaut, welche dem zunächst an *Aa* gelegenen Weifsen entsprechen, die Theile *b* und *c* (Fig. 1) und weiterhin blofs der Theil *c* von Zerstreuungsbildern benachbarter Punkte und es mufs also die Intensität des Weifsen an diesen Stellen geringer seyn, d. h. es mufs grau erscheinen. Hiernach sollte man denken, die Erscheinung in meinem linken Auge müsse sich so darstellen:

I) Zunächst unter *Aa* ein allmälig nach *S* zu dunkler werdender grauer Streifen, abhängig von den dort hineinragenden Theilen *a* (Fig. 1) der Zerstreuungsbilder, welche von den Punkten über *Aa* herrühren,

II) zunächst über *Aa* bis *Bb* ein gleichförmig grauer Streifen, weil hier von keinem Punktbild die Theile *b* und *c* (Fig. 1) hinfallen; und

III) über diesem zwischen *Bb* und *Cc* gleichfalls ein gleichmäfsig grauer aber hellerer Streifen, weil hier nur die Theile *c* benachbarter Punktbilder fehlen.

Indessen zeigt sich die Erscheinung in sofern etwas anders, als ich sowohl den Streifen II, als den Streifen III unten hell und oben dunkeler sehe, so dafs die Erscheinung fast dieselbe ist, als ob an der Stelle der ausgebreiteten schwarzen Fläche ein schmaler schwarzer Streifen sich befände. Dieses Verhalten der Streifen II und III erkläre ich mir als eine Wirkung des *Constrastes*. Denn überall wo Helles und Dunkles an einander gränzen, erscheint uns jenes heller und dieses dunkler, als wenn keine Nebeneinanderstellung stattfindet. (Ich gewahre z. B. auch an den sämmtlichen Rändern dieser Scheibe ein tieferes Schwarz, als in ihrer Mitte.)

Die Zerstreuungsfransen der Nähe zeigen gleichfalls helle und dunkle und oft intensiv gefärbte Streifen, die sich auf die Form der entsprechenden Punktbilder zurückführen lassen. Ihre Fixirung greift die Augen sehr an, weshalb

es räthlich ist, sie gewöhnlich nur indirect bei einem für die Ferne passenden Brechungszustand der Augen zu beobachten.

9. Nach dem Vorgehenden besteht eine *Zerstreuungsfranse der Ferne* aus zwei Theilen, wovon der eine das Helle, der andere das Dunklere über die wirkliche Gränze hinaus erweitert, während jedoch der Gesammteindruck eine Verbreiterung des Hellen ist, besonders wenn das Helle sehr intensiv, wie z. B. eine Lichtflamme, oder der Mond u. s. w. Daher sieht man weiſse Objecte auf schwarzem Grunde gröſser als schwarze Objecte auf weiſsem Grunde, und ebenso eine dünne lange Stange viel weiter als ein Quadrat, dessen Seite dem Durchmesser derselben gleich ist.

In Fig. 8 stelle QS das Netzhautbild eines entfernten Punktes P, oder, was hier einerlei ist, die Zerstreuungsfranse im Auge dar, welche von der Gränze P zwischen einer hellen und dunkeln Fläche herrührt. Zieht man von Q und S aus die Richtungslinien des Sehens durch den Kreuzungspunkt K, bis sie die Ebene NO in q und s treffen, so stellt qs den scheinbaren Durchmesser des Punktbildes oder die scheinbare Breite der Zerstreuungsfranse dar. Ich habe versucht, die Gröſse von Ps für mein linkes Auge annähernd zu bestimmen. In diesem Auge ist nämlich der obere Rand einer horizontalen Zerstreuungsfranse ziemlich deutlich begränzt. Ich entfernte mich von einem auf den Himmel projicirten Gebäude so weit, bis ich den oberen Rand der Zerstreuungsfranse des Daches mit dem oberen Rande des auf ihm befindlichen Schornsteins gleich hoch sah. Indem ich nun die untern Theile der Zerstreuungsfransen des Schornsteins und des Daches gleich breit annahm, erhielt ich die Winkelbreite von Ps

1) bei einer Schornsteinhöhe von 5 Fuſs und einer Entfernung von 2660 Fuſs $= 6\frac{1}{2}$ Minuten;
2) bei einer Schornsteinhöhe von 1,5 Fuſs und einer Entfernung von 730 Fuſs $= 7$ Minuten;
3) bei einer Schornsteinhöhe von 1,36 Fuſs und einer Entfernung von 610 Fuſs $= 7\frac{2}{3}$ Minuten.

Ich glaube die Richtigkeit dieser Werthe bis auf $\frac{1}{2}$ Minute verbürgen zu können. Dafs die Breite zunimmt, während die Entfernung abnimmt, erklärt sich daraus, dafs bei gröfserer Entfernung die Deutlichkeit des obern Theils der Franse abnimmt.

Auch in der *Zerstreuungsfranse der Nähe* hat man wie in der Ferne zwei Theile zu unterscheiden. In Fig. 9 stelle *BM* eine nahe vors Auge gehaltene Scheibe vor, worauf *A* die Gränze zwischen einer dunklen Fläche *AB* und einer hellen *AM* sey. Ist *EG* die Zerstreuungsfranse auf der Netzhaut, so findet man durch ähnliche Construction wie in Fig. 8 die objective Zerstreuungsfranse *eg*. Die Breite derselben nimmt zu, wenn die Scheibe dem Auge genähert wird. Daher scheinen schmale Objecte z. B. ein dünnes Bleistift, wenn man sie dem Auge nähert, schmäler zu werden, und können, wie z. B. eine Nadel, ganz verschwinden. Mittelst des sogenannten Scheiner'schen Versuchs hat Volkmann [1]) die absolute Gröfse des Zerstreuungsbildes eines Menschenhaars auf der Netzhaut, bei verschiedenen Entfernungen desselben innerhalb der deutlichen Sehweite, gemessen.

10. Im Folgenden werde ich nun Beobachtungen beschreiben und erklären, welche die vorhergehende Theorie der Zerstreuungsfransen bestätigen und woraus sich einige für optische Beobachtungen brauchbare Resultate ergeben werden. Vorher indefs noch folgende Bemerkung:

Sind *NP* (Fig. 8) und *AB* (Fig. 9) undurchsichtige Schirme (die sich also nach unten nicht über *P* und *A* hinaus erstrecken und), wovon der erstere jenseits, der zweite diefsseits der deutlichen Sehweite sich befindet, so können durch die bei *P* und *A* erscheinenden Zerstreuungsfransen dahinter befindliche Gegenstände (deren Färbung ja die Franse constituiren hilft) gesehen werden und zwar nicht blofs durch die nach unten gerichteten Theile *Pq* und *Ae*, sondern auch durch die nach oben gerichteten *Ps* und *Ag*. Hinter diesen letztern können nämlich alle solche

1) Diese Ann. Bd. 45, S. 193.

Gegenstände gesehen werden, welche innerhalb der Winkel *LPU* (Fig. 8) und *VAW* (Fig. 9) und zugleich in dem Sehfeld der Zerstreuungsfranse sich befinden.

11. Wenn ich nach einem *entfernten auf einem dunkleren oder helleren Grunde befindlichen Punkte* blicke und dabei zwischen diesen und mein Auge *diesseits der deutlichen Sehweite* einen *Schirm* schiebe (z. B. den Finger oder ein Lineal), so verschwinden die nach dem Schirm zu gerichteten Strahlen des Punktbildes schon hinter der Zerstreuungsfranse des Schirms und zwar diejenigen, welche auf dem Schirmrand senkrecht stehen, vollständig; die schief gerichteten nicht vollständig, dagegen bleiben die vom Schirm abgewandten Strahlen unter der Schirmfranse noch sichtbar, und zwar die auf dem Schirmrand senkrecht stehenden fast vollständig.

Die Stelle des Schirms kann schon durch das obere Augenlied vertreten werden. Betrachtet man z. B. ein fernes Licht und bewegt das obere Augenlied herunter, so verschwindet der obere Theil der Lichtfigur, während man die über derselben befindlichen Gegenstände noch ganz gut sieht.

Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung liegt darin, dafs das Bild des Schirms im Auge und der Schatten, den er auf das Bild des betrachteten Punktes wirft, nicht genau einander decken, indem nämlich, bei dem Einschieben des Schirms in den von dem betrachteten Punkt herkommenden Lichtkegel, der Schatten Anfangs nur mit der Gränze der Schirmfranse auf der Netzhaut zusammenfällt, dann aber, weil er sich langsamer auf der Netzhaut bewegt, als das Bild des Schirms, von diesem überholt wird. Die Figuren 10 bis 12 werden diefs deutlicher machen.

Es sey (Fig. 10) *PCDP* der von einem entfernten Punkte (wir wollen zunächst einen leuchtenden Punkt auf einer schwarzen Scheibe voraussetzen) herkommende Lichtkegel, *V* der vor der Netzhaut liegende Vereinigungspunkt seiner Strahlen und *QRS* die von ihnen gebildete (hier nur der Deutlichkeit der Figur willen hinter die

Netzhaut gezeichneten) Zerstreuungsform. Es sey ferner *AB* ein nahe vor dem Auge befindlicher Schirm in einer solchen Lage, dafs der Punkt *A* seines untern geradlinigen Randes eben in den Strahlenkegel tritt. Die von *A* ausgehenden Strahlen werden im Auge nach einem in der Richtungslinie *AK* hinter der Netzhaut liegenden Punkte gebrochen, werfen also ein Zerstreuungsbild *EFG* auf die Netzhaut, wovon der Punkt *E* den Punkt *S* der von *P* herrührenden Zersstreuungsform decken mufs, weil die Strahlen *PC* und *AC* in *eine* Richtung fallen. Bei *s* liegt also der Schatten von *A*; das Bild von *AB* hat dagegen die Lage *ab* [1]) (die hier um der Deutlichkeit willen, vor die Netzhaut gezeichnet ist). Während nun *AB* tiefer in den Lichtkegel eindringt, wächst der Schatten bei *s* (d. h. es wird allmälig der Stelle *SR* der Netzhaut das Licht des Punktes *P* entzogen) und zugleich rückt die Zerstreuungsfranse bei *a* in die Höhe. Nun bewegt sich aber der Punkt *a* mit der Zerstreuungsfranse schneller als der Punkt *s* [2]), und wenn (Fig. 11) *A* in die Augenaxe gelangt, so liegen *a* und *s* ebenfalls in derselben; die Zerstreuungsfranse über *a* ist dann schon über *s* hinaus gelangt und hinter ihr ist der Theil *QR* des Zerstreuungsbildes von *P* noch sichtbar und bleibt es, bis (Fig. 12) *AB* dem Auge alles Licht von *P* abschneidet.

Es ist nun nicht schwer, die ganz ähnlichen Erscheinungen zu erklären, welche stattfinden, wenn man, statt des leuchtenden Punktes auf einer schwarzen Scheibe, einen kleinen schwarzen Kreis auf einer weifsen Scheibe betrachtet. Von jedem Punkt der hinter der Schirmfranse

1) Der Theil aa_1 dieses Bildes ist gröfstentheils noch vollkommen durchsichtig (vergl. 9 und 10).

2) Denn bei dem Eindringen von *AB* in den Lichtkegel dreht sich *a* gleichsam an dem Hebelarm *aK* des Hebels *aKA* um den Punkt *K*, dagegen der Schattenpunkt *s* an dem Arm *sV* des Hebels *sVA* um den Punkt *V*. Nimmt man die Geschwindigkeit von $A = 1$ an, so ist die von $a = \frac{aK}{AK}$ und die von $s = \frac{sV}{AV}$, also die erstere gröfser als die letztere.

sichtbaren weifsen Fläche, können nach dem Vorhergehenden wesentlich nur diejenigen Lichtstrahlen ins Auge gelangen, welche den von der Schirmfranse abgewendeten Theil der entsprechenden objectiven Strahlengestalt erzeugen, nicht aber diejenigen, welche den anderen der Schirmfranse zugewendeten Theil ins Auge werfen werden. Daher, und weil die graue Zerstreuungsfigur des schwarzen Punktes nur von Lichtmangel herrührt, kann derjenige Theil derselben, welcher der Schirmfranse zugewendet ist, hinter dieser nicht mehr bemerkbar seyn (denn es fehlen ja jetzt überall hinter der Schirmfranse die ihr zugewandten Theile der hellen Zerstreuungsfiguren); wohl aber mufs der andere Theil sichtbar bleiben. Es ist auffallend, wie sehr dieser sichtbar bleibende Theil an Schwärze zunimmt (vergl. No. 15) weshalb man in diesem Versuch ein Mittel hat, die einzelnen Theile der Zerstreuungsform überhaupt entschiedener hervortreten zu sehen.

12. Daraus folgt, dafs von den Zerstreuungsbildern solcher Punkte ferner Gegenstände, welche *seitswärts* der (objectiven) Zerstreuungsfranse eines innerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen Schirms liegen, nur ein geringer Theil auf die Netzhautbilder derjenigen Punkte fallen kann, welche *hinter* dieser Franse liegen, und dafs daher die hinter der Schirmfranse erscheinenden Gegenstände, falls sie von verschiedener Färbung und gut beleuchtet sind, deutlicher gesehen werden müssen, als die seitlich davon befindlichen.

Diese Folgerung wird durch die Erfahrung bestätigt. Es erklärt sich daraus, warum gut beleuchtete Gegenstände durch ein nahe vors Auge gehaltenes enges Loch z. B. durch die geballte Hand deutlicher erscheinen, ebenso, warum man beim Fixiren gut beleuchteter Gegenstände die Augenlieder zusammenzieht, indem diese letztern hier die Stelle des Schirms vertreten.

13. Die umgekehrten Erscheinungen, wie in No. 11, finden statt, wenn ich zwischen einen *entfernten auf einem dunklern oder hellern Grunde befindlichen Punkt* und mein Auge *jenseits der deutlichen Sehweite* einen Schirm schiebe,

nämlich die dem Schirmrand zugewendeten Strahlen bleiben hinter der Zerstreuungsfranse des Schirms sichtbar, die von ihm abgewendeten verschwinden.

Im gegenwärtigen Falle bewegt sich nämlich der Schatten rascher, als das Bild, wie diefs die Figuren 13 bis 15 deutlich machen, worin V_1 den Vereinigungspunkt der von A ausgehenden Strahlen bezeichnet, der hier vor der Netzhaut, aber ihr näher liegen mufs, als der Punkt V, in welchem die von P kommenden Strahlen zusammentreffen. Die übrige Bezeichnung dieser Figuren stimmt mit derjenigen der Figuren 10 bis 12 überein.

14. Wenn ich einen Schirm zwischen mein Auge und einen *innerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen Punkt* bringe, so verschwindet der dem Schirmrand abgewendete Theil der objectiven Strahlengestalt des Punktes zuerst hinter der Schirmfranse, jedoch nicht wie im vorigen Fall von der Mitte, sondern vom Rande aus; dagegen bleibt der dem Schirmrand zugewendete Theil hinter der Schirmfranse sichtbar. Die Fig. 16 wird zur Erklärung hinreichen.

Betrachtet man ein weifses Sandkörnchen auf einer schwarzen Fläche oder ein mit einer feinen Nähnadel in ein geschwärztes Kartenblatt gestochenes Loch, so wird die Erscheinung besonders deutlich, wenn man als Schirm ein Stück recht weifses Papier benutzt.

15. Die in den letzten Nummern beschriebenen Beobachtungen zeigen noch einige besondere Erscheinungen, die ich jetzt anführen will.

Eine solche ist die, dafs beim tiefern Eindringen des Schirms in den Lichtkegel der sichtbar bleibende Theil der objectiven Zerstreuungsfigur an Intensität zunimmt. Es rührt diefs ohne Zweifel von der *Beugung* der Lichtstrahlen am Schirmrand her, vermöge welcher auf die beleuchtete Stelle der Netzhaut mehr Lichtstrahlen gelangen, als ohne das Einschieben des Schirms. Aus derselben Ursache erklärt sich auch die Erscheinung, dafs der letzte Theil der Zerstreuungsfigur eines fernen Punktes stets

etwas

etwas dem Schirmrand entgegenrückt (was für meine beiden Augen besonders dann auffallend ist, wenn ich bei aufrecht stehendem Kopf den Schirm von oben nach unten einschiebe). Dieſs scheint mir daher zu kommen, daſs die am Schirmrand gebeugten Lichtstrahlen, wenn sie an den Rand der Pupille gelangen, wieder nach einer anderen Richtung gebeugt werden. Dieses Entgegenrücken tritt entschiedener hervor, wenn der leuchtende Gegenstand eine gewisse Ausdehnung hat (z. B. am Rande des auf einem dunklen Kranze aufsitzenden Milchglases einer Lampe).

Die Erscheinung in No. 14 ist streng genommen nur dann so, wie sie dort beschrieben worden, wenn der leuchtende Punkt keine merkliche Ausdehnung hat, also nahezu nur ein einziger Lichtkegel ins Auge gelangt, wie z. B. von dem gegen den Himmel oder das Milchglas einer Lampe gehaltenen Löchelchen einer sehr feinen Nadelspitze. Hat er eine merkliche Ausdehnung, wie z. B. das von einer starken Stecknadel gestochene Loch, so bemerke ich beim Einschieben des Schirms von oben nach unten, daſs die Verdunklung nicht am untern Rande, sondern etwas weiter oben beginnt, (freilich kaum merklich) und daſs der Verdunklung von unten nach oben eine solche von oben nach unten entgegenkommt.

Um dieser vielleicht schon zu weitläufigen Abhandlung nicht noch eine gröſsere Ausdehnung zu geben, lasse ich die vielfachen Farbenerscheinungen, die bei diesen Beobachtungen auftreten, unbeachtet.

16. Im Vorhergehenden sind die Elemente zur Erklärung aller Erscheinungen enthalten, welche stattfinden, wenn man die Zerstreuungsfransen zweier hinter einander befindlicher Gegenstände einander nähert und zur Deckung bringt. Ich will im Folgenden die bemerkenswerthesten Fälle kurz anführen und durch nahe liegende Beispiele belegen. Als entferntere Franse will ich die an der Gränze zwischen einer schwarzen und einer weiſsen (einer dunklen und einer hellen) Fläche erscheinende annehmen, als nähere die am Rande eines dunkeln Schirms.

a) Befindet sich die betrachtete schwarzweifse Fläche aufserhalb, der Schirm aber innerhalb der deutlichen Sehweite, so verschwindet die graue Franse der schwarzweifsen Gränze hinter der Schirmfranse, wenn der Schirm vom Weifsen nach dem Schwarzen, sie geht in Schwarz über, wenn der Schirm vom Schwarzen nach dem Weifsen geschoben wird.

Betrachtet man die Firste eines auf dem weifsbewölkten Himmel projicirten dunkeln Daches und man schiebt nahe vorm Auge einen Schirm von oben nach unten, so wird die graue Zerstreuungsfranse des Daches durch die Schirmfranse niedergedrückt, wird dagegen der Schirm von unten nach oben geschoben, so rückt das Dach bis zur Gränze seiner Zerstreuungsfranse in die Höhe.

b) Wenn nicht blofs die schwarzweifse Fläche, sondern auch der nähere Schirm jenseits der deutlichen Sehweite liegt, so verschwindet die Franse der schwarzweifsen Gränze hinter der Schirmfranse, wenn der Schirm von dem Schwarzen nach dem Weifsen, sie geht dagegen in Schwarz über wenn der Schirm vom Weifsen nach dem Schwarzen geschoben wird, und zwar findet das Verschwinden der Fransen und ihr Schwarzwerden nach derselben Richtung hin statt, nach welcher sich der Schirm bewegt.

Bringe ich vom Zimmer aus die *obere* Franse einer Fenstersprosse mit der Zerstreuungsfranse an einem gegenüber befindlichen Dach von unten nach oben zur Deckung, so verschwindet diese letztere; lasse ich aber die *untere* Franse von oben nach unten gehen, so sehe ich von da an, wo sie auf die Dachfranse trifft, diese letztere dunkler hervortreten. Die Zerstreuungsfranse des hinter einem Dach aufsteigenden Mondes wird nicht hinter der Zerstreuungsfranse des Daches sichtbar, sondern springt erst später in die Höhe u. s. w.

c) Befinden sich sowohl der Schirm, als die entferntere schwarzweifse Fläche diefsseits der deutlichen Sehweite, so verschwindet zwar ebenso wie im vorigen Fall die Franse der schwarzweifsen Gränze hinter der Schirmfranse, wenn

der Schirm vom Schwarzen nach dem Weifsen, sie geht in Schwarz über, wenn der Schirm vom Weifsen nach dem Schwarzen geschoben wird, aber hier findet das Verschwinden und Schwärzerwerden der Franse nach derjenigen Richtung statt, welche der Schirmbewegung entgegengesetzt ist.

Betrachte ich die Spitze eines nahe vors Auge gehaltenen Fingers, und bewege den oberen Augendeckel, der dann die Stelle des Schirms vertritt, herunter, so sehe ich den Finger in die Höhe steigen und die Zerstreuungsfranse ausfüllen, wenn die Fingerspitze nach oben gerichtet ist; dagegen sehe ich die Zerstreuungsfranse von unten nach oben verschwinden, wenn die Fingerspitze nach unten gehalten wird.

Bringe ich zwei Finger, ihre Spitzen nach oben gerichtet, den einen aber näher und etwas tiefer liegend vors Auge und schiebe dann den nähern Finger in die Höhe, so sehe ich hinter der Franse an seiner Spitze die Franse des entferntern Fingers von oben nach unten abnehmen. Lasse ich den entfernteren Finger in der vorigen, gebe aber dem nähern die umgekehrte Lage und schiebe dann den letztern von oben nach unten, so bleibt der obere Theil der Franse des entferntern Fingers sichtbar, der untere Theil aber verschwindet von der Fingerspitze aus, indem nämlich von dieser ausgehend ein dunkler Kegel in die Höhe tritt, der die Franse ausfüllt. Wenn man die Finger recht nahe vors Auge bringt, so ist diese Erscheinung sehr auffallend. Bringt man beide Finger in gleicher Entfernung vors Auge und schiebt ihre Spitzen gegen einander, so tritt aus beiden ein dunkler Kegel.

17. Die Erscheinungen der No. 16, *a* und *c* können in Verbindung mit der zu Ende der No. 6 hervorgehobenen Wahrnehmung dazu dienen, sich von dem Vorhandenseyn einer aufserdem vielleicht nicht bemerkbaren Zerstreuungsfranse ferner und naher Gegenstände zu überzeugen. Bei aufmerksamer Anwendung dieser Beobachtungsmittel dürfte sich die Anzahl derer verringern, welche in

allen Entfernungen gleich gut zu sehen, also ein vollkommenes Accomodationsvermögen zu haben glauben.

Betrachtet man eine halbschwarze, halbweifse Scheibe und schiebt den Schirm (z. B. ein Lineal mit scharfer Kante) in einer Entfernung von ungefähr 1 bis 2 Zoll vom Auge abwechselnd von dem Weifsen nach dem Schwarzen und umgekehrt, während man nöthigenfalls den Kopf nach Rechts oder Links dreht, so kann man nach dem Vorhergehenden

I) auf das Vorhandenseyn einer *Zerstreuungsfranse in der Fernè* schliefsen, wenn man beim Einschieben des Schirms vom Weifsen nach dem Schwarzen zu ein Verschwinden der grauen Zerstreuungsfranse jener Scheibe, dagegen beim entgegengesetzten Einschieben ein Fortschieben des schwarzen Theils der Scheibe gewahrt. Man mufs

II) auf eine *Zerstreuungsfranse der Nähe* schliefsen, wenn, beim Einschieben des Schirms vom Weifsen nach dem Schwarzen zu, der schwarze Theil der Scheibe sich nach dem Schirme zu bewegt, dagegen beim entgegengesetzten Einschieben die graue Zerstreuungsfranse der Scheibe nach dem Schirm zu abnimmt und verschwindet.

Befindet sich auf einer weifsen Scheibe blofs ein schwarzer Strich, so zeigen sich natürlich beide Kennzeichen einer Zerstreuungsfranse schon bei einmaligem Einschieben des Schirms. Aehnlich bei einem weifsen Strich auf schwarzem Grunde.

Wegen der in No. 15 erwähnten von der Lichtbeugung abhängigen Erscheinung vermeide man, den Schirm allzuweit nach der Gränze zwischen dem Schwarzen und Weifsen zu schieben; indessen wird man bei einiger Aufmerksamkeit die betreffenden Erscheinungen bald von einander unterscheiden lernen.

18. Hieraus ergiebt sich ein Verfahren, vermittelst dessen das für ein kurzsichtiges oder weitsichtiges Auge passende Glas ausgewählt werden kann. Man bringe das

Auge in diejenige Entfernung von jener Scheibe, in welcher man mittelst des Glases deutlich sehen will, und betrachte die schwarzweifse Gränze durch das Glas. Ist das Auge *kurzsichtig*, das Glas also ein *concaves* und man gewahrt, beim Einchieben jenes Schirms nahe jenseits des Glases, die unter I der vor. Nr. beschriebenen Erscheinungen, so ist das Glas zu schwach, d. h. die Lichtstrahlen vereinigen sich trotz der Beihülfe des Glases doch noch vor der Netzhaut. Finden dagegen die Erscheinungen von II statt, so ist das Glas zu scharf, d. h. die Lichtstrahlen werden durch das Glas zu viel divergirend gemacht und würden sich daher nach ihrer Brechung im Auge erst hinter der Netzhaut vereinigen. Zur Bestimmung des passenden Convexglases für ein weitsichtiges Auge gelten die umgekehrten Regeln.

Statt einer Zerstreuungsfranse kann man sich auch der Zerstreuungsfigur eines leuchtenden Punktes bedienen. Bei Versuchen mit dieser letztern konnte ich indessen bei einem bestimmten Convexglase und in einer bestimmten Entfernung kein reines Resultat für mein linkes Auge erhalten. Der Lichtpunkt zeigte, durch das Glas gesehen, Verbreiterungen in verschiedenen Richtungen, die zum Theil die Erscheinungen der No. 11, zum Theil die der No. 14 deutlich erkennen, also auf Convergenzpunkte zum Theil vor, zum Theil hinter der Netzhaut schliefsen lassen. Wegen dieses Verhaltens vermuthe ich eine ähnliche Beschaffenheit dieses Auges, wie diejenige des einen Auges Airy's, das nach Herschel's Angabe[1]) in der verticalen Ebene eine kürzere Brennweite hat, als in der horizontalen, wodurch es sogar unbrauchbar wurde. Berücksichtige ich aber zugleich die von meinen *beiden* und von vielen anderen Augen beobachtete schon in No. 4 beschriebene Erscheinung, dafs nämlich ein Lichtpunkt sowohl kurz vor, als kurz hinter der sogenannten deutlichen Sehweite entschieden eine Längenerstreckung zeigt, wovon die eine auf

1) Vom Licht. Aus dem Englischen übersetzt von Schmidt 1831. S. 153.

der anderen senkrecht steht und aus welcher dann erst beim Näher- oder Entfernterrücken noch andere Strahlen treten, so schien es mir, als ob jene Eigenschaft des Airy'schen Auges in gewissem Grade jedem Auge zukomme.

Um diefs näher zu untersuchen, zog ich auf weifsem Papier mehrere gegen einander geneigte schwarze Striche, prüfte in verschiedenen Entfernungen die Zerstreuungsfransen derselben und fand meine Vermuthung vollkommen bestätigt, wie sich diefs aus dem folgenden *bemerkenswerthen Versuch* ergeben wird.

19. Auf einer kreisförmigen Scheibe von sehr weifsem Kartenpapier ziehe man mit schwarzer Tusche 8 oder 16 gleiche Winkel einschliefsende Durchmesser von höchstens 0,1 Linie Breite (Fig. 17). Bringt man diese Scheibe in senkrechter Stellung zuerst so dicht vor ein Auge (*während das andere verschlossen ist*), dafs alle Durchmesser undeutlich oder doppelt erscheinen, und entfernt sie dann langsam, so sieht man

a) in einer *ersten* bemerkenswerthen Entfernung einen der Durchmesser, den ich den *ersten* nennen will, schwärzer und mit schärferer Begränzung, den auf ihm senkrecht stehenden aber heller und breiter, als vorher und nachher hervortreten, während die übrigen Durchmesser eine von jenem nach diesem zu abnehmende Schwärze und Begränzungsschärfe zeigen. Entfernt man nun die Scheibe allmälig weiter, so gewahrt man, dafs jener *erste* Durchmesser wieder etwas heller wird, dagegen die ihm rechts und links zunächst liegenden an Schwärze und scharfer Begränzung zunehmen, und dafs zugleich auch der auf dem *ersten* senkrechte, sowie die ihm rechts und links zunächst liegenden Durchmesser etwas dunkler werden. Die dem *ersten* rechts und links zunächst liegenden nehmen dann wieder etwas an Schwärze *ab*, die darauf folgenden aber, sowie immer noch die auf jener senkrechten an Schwärze *zu*, und diese Drehung schreitet nun mit der Entfernung der Scheibe fort, bis

b) die in einer *zweiten* bemerkenswerthen Entfernung,

wenn die Reihe, am Schwärzesten zu werden, an die mit dem *ersten* einen Winkel von 45° bildenden *mittleren* Durchmesser, gekommen ist, alle Durchmesser gleiche Intensität zeigen; oft indessen treten dabei die *mittleren* Durchmesser etwas stärker hervor. Entfernt man die Scheibe noch weiter, so schreitet von den mittlern Durchmessern aus nach *einer* Seite das Schwärzerwerden, nach der *anderen* das Hellerwerden der Durchmesser fort, bis endlich

c) in einer *dritten* bemerkenswerthen Entfernung der auf dem *ersten* senkrecht stehende Durchmesser die gröfste, der *erste* selbst aber die geringste Schwärze und Begränzungsschärfe zeigt.

Von da an nehmen bei noch weiterer Entfernung der Scheibe alle Durchmesser mehr und mehr an Deutlichkeit ab.

Ich habe diese Erscheinungen vielen Augen, worunter sehr kurzsichtige und sehr weitsichtige, vorgeführt und habe keins gefunden, dem sie entgangen wären; nur sind die Entfernungen, in welchen sie eintreten, sowie die Lage des *ersten* Durchmessers in verschiedenen Augen verschieden. Für die meisten hat er eine verticale Lage, für manche eine horizontale oder, wie z. B. für die meinigen, eine schiefe.

Prüft man nach No. 17 mittelst eines Schirms die verschiedenen Durchmesser in verschiedenen Entfernungen der Scheibe, so findet man, dafs jedesmal der am Schwärzesten hervortretende keine merkliche Zerstreuungsfranse hat, dafs dagegen

in der unter *a* bemerkten Entfernung alle übrigen Durchmesser Zerstreuungsfransen der Nähe,

in der Entfernung *b diejenigen Durchmesser, welche schon ihre gröfste Schwärze gehabt haben, Zerstreuungsfransen den Ferne, die andere aber solche der Nähe zeigen* und dafs endlich

nach der unter *c* angegebenen Entfernung alle Durchmesser Zerstreuungsfransen der Ferne haben.

Es bedarf nach den frühern Untersuchungen kaum der Bemerkung, dafs man die Erscheinungen auf einer schwarzen Scheibe mit weifsen Durchmessern mit denselben Worten geben kann, wenn man nur das Wort »Schwarz« in »Weifs« verwandelt.

20. Schon bei den Erscheinungen der No. 4 und 18 hatte es mir geschienen, dafs die seitherige Theorie des Sehens zu ihrer Erklärung ungenügend sey; bei dem vorigen Versuch mufste mir diefs zur Gewifsheit werden.

Auch die Sturm'sche Theorie [1]), deren Kenntnifs mir übrigens nützlich gewesen ist, kann diese Erscheinungen nicht erklären, wohl aber vermögen diefs die folgenden Sätze, die mir allen bis jetzt bekannten Thatsachen zu entsprechen scheinen:

I. Der von einem Punkt ins Auge fallende Lichtkegel wäre es auch nur ein sehr dünner, durch die Mitte der Pupille gehender, wird *niemals* nach einem *einzigen* Punkte zu gebrochen.

II. *Jedem Pupillen-Durchmesser entspricht eine besondere Brennweite im Auge.* Die bezüglichen Brennpunkte liegen hinter einander und bilden also eine *Brennstrecke,* (die jedoch keine gerade Linie, sondern von doppelter Krümmung zu seyn scheint).

III. Die Lage dieser Brennstrecke ändert sich, analog dem Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen bei Linsengläsern, mit der Entfernung des leuchtenden Punktes; sie kann ganz hinter oder vor die Netzhaut fallen, oder mit einem ihrer Endpunkte auf sie treffen oder auch von ihr durchschnitten werden.

IV. Fällt der Convergenzpunkt der durch einen Pupillendurchmesser gehenden Strahlen *nicht* auf die Netzhaut, so ensteht auf dieser eine *Zerstreuungslinie* (der Ferne oder der Nähe), welche jenem Durchmesser im Allgemeinen parallel ist. Jeder Strahl der scheinbaren Figur eines fer-

1) *Compt. rend. Tome XX. p.* 554, 761 *et* 1238. Pogg. Ann. Bd. 65, S. 116 und 374. Ich bemerke hier, dafs mir diese Theorie erst bekannt wurde, als ich mir die Scheibenerscheinungen zu erklären suchte.

nen oder nahen Punktes ist eine solche Zerstreuungslinie oder ein Complex solcher.

V. Es giebt für jedes Auge drei bemerkenswerthe Entfernungen von einem leuchtenden Punkte:

a) in der *ersten* (kürzesten) Entfernung fällt der vorderste Punkt der Brennstrecke auf die Netzhaut, alle übrigen aber verursachen (verschieden geneigte) Zerstreuungslinien der Nähe;

b) in der *zweiten* (mittleren) Entfernung wird die Mitte der Brennstrecke durch die Netzhaut geschnitten, die hinter der Netzhaut liegenden Punkte der Brennstrecke verursachen also Zerstreuungslinien der Nähe, die vor der Netzhaut liegenden, solche der Ferne;

c) in der *dritten* (weitesten) Entfernung fällt der hinterste Punkt der Brennstrecke auf die Netzhaut, die übrigen erzeugen also Zerstreuungslinien der Ferne.

VI. Der Pupillen-Durchmesser, welchem der vorderste Punkt der Brennstrecke entspricht und den ich den *ersten* nennen will, steht senkrecht auf demjenigen, welchem der hinterste Punkt entspricht. Ebenso verhalten sich je zwei andere Durchmesser, welchen zwei solche Convergenzpunkte entsprechen, die gleich weit von den Enden der Brennstrecke liegen. Der Mitte der Brennstrecke entsprechen die beiden *mittleren* Durchmesser, welche gegen den *ersten* um 45° geneigt sind.

VII. Die Lage des *ersten* Durchmessers ist für verschiedene Augen und selbst für die beiden Augen eines und desselben Menschen verschieden [1]).

21. Ich will nach dieser Theorie zunächst die Erscheinungen der No. 4 erklären.

Einen sehr nahen leuchtenden Punkt sieht man als eine grofse runde Lichtscheibe, weil die Brennstrecke so weit

1) In meinem linken Auge liegt er ungefähr 40° vom verticalen Durchmesser nach der Nasenwurzel zu geneigt, in meinem rechten hat er fast genau die gegenbildliche Lage von jenem. In den meisten Augen scheint er vertical zu seyn. Man kann diefs mittelst der Durchmesserscheibe finden, wie alsbald gezeigt werden wird.

hinter der Netzhaut liegt, dafs alle Zerstreuungslinien nahezu gleich lang sind. Entfernt sich der Punkt allmälig, so kommt die Brennstrecke der Netzhaut näher, die Zerstreuungslinien werden sämmtlich kleiner, diejenigen aber am Kleinsten, welche den der Netzhaut am nächsten liegenden Convergenzpunkten entsprechen, daher mufs (nach VI.) die Zerstreuungsfigur eine in die Länge gestreckte werden. Entfernt sich der leuchtende Punkt so weit, dafs die Mitte der Brennstrecke von der Netzhaut durchschnitten wird, so fallen die jetzt sehr kurzen Zerstreuungslinien der Nähe und der Ferne über einander und daher wird der Punkt als eine kleine wohl beleuchtete Scheibe gesehen, die um so schärfer begränzt seyn wird, je näher die Endpunkte der Brennstrecke an einander liegen. Bei noch weiterer Entfernung tritt die Brennstrecke vor die Netzhaut und es mufs daher zunächst wieder eine in die Länge gestreckte Zerstreuungsfigur hervortreten, deren Richtung auf der vorhin erwähnten senkrecht steht und aus welcher dann weiterhin auch nach anderen Seiten Strahlen schiefsen.

(Das stärkere oder geringere Hervortreten der Strahlenform eines Punktes und der Zerstreuungfransen scheint nicht blofs von der Verrückungsfähigkeit der Brennstrecke sondern auch von ihrer Länge abzuhängen. Bei solchen Fernsichtigen, welche diese Erscheinungen an fernen Gegenständen stets wahrnehmen, liegen die Endpunkte der Brennstrecke weit aus einander, im andern Falle näher, wie ich mehrfach gefunden habe.)

22. Die Erscheinungen auf jener Scheibe erklären sich nunmehr so.

Befindet sich die Scheibe dem Auge sehr nahe, so liegt die Brennstrecke jedes Punktes derselben *hinter* der Netzhaut, man sieht daher alle Durchmesser mit Zerstreuungsfransen *der Nähe*. Entfernt man sie dann

a) so weit, dafs das *vordere Ende* der Brennstrecke die Netzhaut erreicht, so bilden alle Punkte der Scheibe in die Länge gestreckte Zerstreuungsfiguren, also sämmt-

lich von paralleler Richtung, die aber, weil sie an den übrigen Stellen wegen ihres Uebereinanderfallens ein gleichmäſsiges Weiſs bilden, nur an den schwarzen Durchmessern bemerkbar sind. Jeder derselben muſs nun mit hellern Rändern umgeben seyn, (vergl. No. 5 bis 7) derjenige ausgenommen, welcher dieselbe Richtung hat, wie die Zerstreuungsfiguren. Dieser letztere muſs am Schwärzesten hervortreten (und ist also derjenige, den ich oben den *ersten* Scheiben-Durchmesser genannt habe) während der auf ihm senkrechte die breiteste Franse zeigen muſs. Entfernt man die Scheibe weiter, so rückt die Brennstrecke vor, folglich müssen die Zerstreuungsfiguren aller Punkte an Länge abnehmen, also die Ränder aller Durchmesser schmäler werden. Kommt nun die Scheibe

b) in eine solche Entfernung, daſs die *Mitte* der Brennstrecke von der Netzhaut durchschnitten wird, so müssen die Durchmesser gleichmäſsig schwarz erscheinen, wenn in dem betreffenden Auge die Brennstrecke jedes Punkts sehr kurz ist, im anderen Falle können die beiden *mittleren* Durchmesser wohl etwas stärker hervortreten, weil dann in jedem Punkt der Scheibe sowohl eine (gestreckte) Zerstreuungsfigur der Nähe, als auch eine solche der Ferne vorhanden ist, welche beiden auf einander senkrecht stehen und deren Neigung gegen die Richtung der verschiedenen Scheiben-Durchmesser jenes Resultat hervorbringen kann.

c) Wird die Scheibe so weit entfernt, daſs der *hinterste Endpunkt* der Brennstrecke auf die Netzhaut gelangt, so ergiebt sich aus ähnlichen Erwägungen, wie die vorhergehenden, daſs jetzt der auf dem *ersten* senkrechte Durchmesser am schwärzesten hervortreten, und dagegen der *erste* selbst die breiteste Zerstreuungsfranse *der Ferne* zeigen muſs.

Bei noch weiterer Entfernung der Scheibe tritt die ganze Brennstrecke vor die Netzhaut und alle Durchmesser müssen allmälig an Deutlichkeit verlieren.

23. Man sieht, diese Folgerungen aus den Sätzen der

No. 20 stimmen mit den Erscheinungen der Scheibe vollständig überein. Diese Sätze scheinen mir daher die Beachtung und Prüfung der Physiker und Physiologen zu verdienen. Indem ich sie hier mittheile, bitte ich, vorkommenden Falls nicht zu rasch die Richtigkeit meiner Beobachtungen und deren allgemeinere Wahrnehmbarkeit zu bezweifeln. An manche der hier beschriebenen Erscheinungen mufs sich das Auge erst einige Zeit gewöhnen, um sie richtig beurtheilen zu können, und ich mache insbesondere darauf aufmerksam, dafs man vor Allem suchen mufs, das Bild eines fernen leuchtenden Punkts im Auge genau kennen zu lernen.

Man pflegt die Zerstreuung des Lichts auf der Netzhaut nur als die Ursache des *undeutlichen* Sehens in Betracht zu ziehen. Dafs sie aber in allen Augen das Bild eines in beliebiger Entfernung befindlichen Punktes constituiren hilft, schliefse ich schon aus der allgemeinen Wahrnehmbarkeit der sogenannten *Irradiationserscheinungen*, die nicht blofs nach meinem eigenen, sondern auch nach den anerkannt genauen Beobachtungen Plateau's [1]) »von der kürzesten Entfernung des deutlichen Sehens bis zu einer jeglichen« sich zeigen, und die sich nach meinen im Vorhergehenden beschriebenen Untersuchungen als blofse *Lichtzerstreuungserscheinungen* darstellen. Plateau freilich wurde dadurch, dafs die Irradiation auch bei der Entfernung des deutlichen Sehens stattfindet, zu der Annahme einer anderen Ursache veranlafst; aber er ist dadurch auf unlösbare Widersprüche rücksichtlich des Verhaltens der Linsengläser gestofsen, während sich alle Erscheinungen der Irradiation, auch die mittelst Linsengläsern beobachteten, einfach erklären, wenn man die *Lichtzerstreuung* als Ursache annimmt [2]). Es könnte anmafsend von mir er-

1) Pogg. Ann. Ergänzungsbd. vom Jahr 1842.

2) Es ist auffallend, dafs man so oft die Zerstreuungsfranse des Mondes als eine Irradiationserscheinung angeführt hat, ohne die Verbreiterung einer Lichtflamme oder die Strahlengestalt eines Sterns damit in Vergleichung zu bringen.

scheinen, der Ansicht eines so ausgezeichneten Physikers, wie Hr. Plateau, der gerade über die Gesetze der Irradiation eine treffliche Arbeit geliefert hat, mit so kurzen Worten entgegenzutreten, wenn ich nicht ausdrücklich daran erinnerte, daſs er von vornherein gerade das als feststehende Thatsache angenommen hat, was ich im Sinne der obigen Theorie hier bestreite, nämlich, daſs das von einem in der deutlichen Sehweite befindlichen Punkt ausgehende Licht nach einem *einzigen* Punkte der Netzhaut gebrochen werde.

Die obigen Sätze über den Vorgang beim Sehen werden auch durch die anatomische Beschaffenheit des Auges wesentlich unterstützt. Ich verweise in dieser Beziehung auf die schon oben citirten Aufsätze von Hassenfratz und Sturm, wo man auch noch andere dafür sprechende Thatsachen angeführt findet.

Denjenigen gegenüber, welche in der Nähe und in der Ferne gleich gut zu sehen glauben, erlaube ich mir übrigens die Bemerkung, daſs ein *vollkommenes* Organ nicht immer am Besten geeignet ist, die *Functionen* desselben zu *erklären*.

24. Ich will hier alle theoretischen Betrachtungen und Folgerungen die sich an den Scheibenversuch und die daraus abgeleiteten Gesetze knüpfen, vorerst bei Seite setzen, und nur noch auf die practische Wichtigkeit der Scheibe aufmerksam machen.

Indem sie nämlich zeigt, daſs das Auge in einem Theil seiner Querschnitte kurzsichtiger, im andern weitsichtiger ist, als in den beiden mittlern giebt sie zugleich unmittelbar die Lage dieser Querschnitte an; denn der *erste* Scheibendurchmesser (No. 19, *a*) muſs offenbar senkrecht stehen auf demjenigen Pupillendurchmesser, durch welchen das Auge am Kurzsichtigsten, er muſs demjenigen parallel seyn, durch welchen das Auge am Weitsichtigsten ist. Der auf dem *ersten* senkrecht stehende Scheibendurchmesser bestimmt die fraglichen Pupillendurchmesser in umgekehrter Weise. Wo diese Ungleichheit des Sehens, wie bei Airy, störend wird, also einer Verbesserung durch

besonders geschliffene Gläser bedarf, da kann ein Blick auf die Scheibe zur Bestimmung der nöthigen Elemente dienen. Die Herstellung eines möglichst zweckmäfsigen Apparats sowohl hierzu, als auch zur Bestimmung der deutlichen Sehweite, macht noch einige Versuche nöthig, nach deren Bendigung ich ein sehr einfaches *Optometer* vorschlagen zu können hoffe.

II. *Das Interferenz-Schachbrettmuster und die Farbe der Polarisationsbüschel; von W. Haidinger.*

(Aus d. October-Hefte 1851 d. Sitzungsberichte d. math.-naturw. Classe d. K. Acad. d. Wiss. von Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Die Beobachtung, über welche ich heute die Ehre habe, der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe einen Bericht zu erstatten, ist eine von denjenigen, welche einfach in sich selbst, leicht anzustellen und gestützt auf die vielen vorangegangenen Arbeiten, auch leicht zu erklären, dennoch Veranlassung geben, mannigfaltige Forschungen und Folgerungen daran zu knüpfen. Es ist eine optische Anstrengung der Gesichtswerkzeuge, und Kenntnifs eines vielfältig von den ersten Forschern bearbeiteten wissenschaftlichen Gebietes wären erforderlich, um der Aufgabe vollständig zu genügen. Ich fühle, nicht ohne Bedauern, dafs ich in beiden weit hinter dem Ideal zurückbleiben mufs, welches ich zu erreichen wünschen könnte. Dennoch will ich nicht länger säumen, wenn auch nur die Wahrnehmungen mitzutheilen, um vielleicht jüngern und besser vorbereiteten Forschern Veranlassung zu weiteren Arbeiten zu geben. Schon die grofse Anstrengung der Augen hielt mich zurück, den Gegenstand früher vorzunehmen; ich sah mich abgeschreckt, unter andern kurz

nachdem ich die Beobachtung machte, durch Hrn. Abbé Moigno's Bericht [1]) über das Unglück, dem die ausgezeichneten Physiker, die HH. Plateau und Fechner erlagen, zu erblinden, als »Opfer der selbstmörderischen Versuche, die sie mit übermäſsigem Eifer verfolgten, in dem so höchst lobenswerthen, wenn auch verwegenen Vorhaben, die Natur der subjectiven oder zufälligen Farben zu erklären.« Nur Fechner war so glücklich, nach mehrjährigem Leiden, sein Gesicht wieder zu erhalten. Es möge dieſs als eine Entschuldigung gütigst aufgenommen werden, wenn ich hier nur unvollkommen Bearbeitetes übergebe, selbst unvollkommener, als es, wenn auch mit unzureichenden Kräften, mir sonst wohl auszuführen gelungen wäre.

Die Veranlassung zur Beobachtung der in Rede stehenden Erscheinung gab ursprünglich ein Vorschlag meines verehrten Freundes, des Hrn. Professors Schrötter. Wir hatten über die Natur der Polarisationsbüschel gesprochen. Er meinte, man würde vielleicht Eindrücke auf die Netzhaut hervorbringen können, ähnlich in einer oder der anderen Beziehung den Polarisationsbüscheln, wenn man nach einander Flächen betrachtete, die mit abwechselnden weiſsen und schwarzen Parallel-Linien ganz überdeckt wären. Es war dieſs am 27. November 1845. Gern verweile ich einen Augenblick auf diesem Tage; es war der erste, an welchem ich mit Schrötter und v. Ettingshausen in der Wohnung des Letztern, die näheren Verhältnisse und Interessen einer in Wien zu gründenden *Gesellschaft für Naturwissenschaften* besprach. Bald darauf folgten die Versammlungen von einer gröſsern Anzahl der Männer der Wissenschaft in dem damaligen montanistischen Museo. Am 30. Mai 1846, bald nach denselben, wenn auch ohne sichtbaren Zusammenhang, war von Seiner Majestät dem Kaiser Ferdinand die Gründung einer kaiserlichen *Academie der Wissenschaften* ausgesprochen.

Ich verschaffte mir Tafeln mit abwechselnd lichten und

1) In dem so höchst wichtigen Werke: »*Répertoire d'Optique moderne*« Paris 1850. II. 593.

dunkeln Linien, bemerkte aber nichts als das, wie mir schien, allbekannte und vielbesprochene oft wellenförmige Ineinanderlaufen der Linien, das so störend und unangenehm auf das Auge wirkt. Seitdem war ich oft aufmerksam auf analoge Erscheinungen, besonders darum, weil doch das Phänomen der Büschel selbst keineswegs als vollkommmen erklärt betrachtet wurde. So viele Physiker sich auch mit demselben beschäftigt hatten, beinahe ebenso viele Erklärungsarten waren dargeboten worden. Der Zufall gab mir ein Stück Stickpapier in die Hand. Man kennt wohl ziemlich allgemein die Beschaffenheit desselben mit den in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen reihenweise gestellten kleinen kreisrunden Oeffnungen, die, gegen Dunkles gehalten, schwarze Flecken auf Weifs, gegen Lichtes gehalten, weifse Flecken auf Schwarz darstellen.

Man hat gewöhnlich dreierlei Sorten Stickpapier mit 15, 20 und 25 Oeffnungen auf einem Wiener Zoll; ich bediente mich vorzugsweise der mittleren Sorte (Fig. 15 und 16 Taf. I.)

Die reihenförmige Anordnung brachte mich auf den Gedanken, es dem Auge näher als in der Entfernung der deutlichsten Sehweite genauer zu betrachten. Ich näherte zuerst das weifse Papier mit den dunkeln Punktreihen dem Auge bis zur Entfernung des deutlichsten Sehens. Sodann brachte ich es in der nämlichen Lage gegen die Gesichtslinie dem Auge immer näher. Plötzlich trennte sich, so zu sagen, über jedem dunkeln Punkte scheinbar eine lichte Scheibe, aber die Farbe derselben war deutlich *blafsgelb*, während das Papier fortan im Gegensatzte weifslich oder graulich erschien. Man wird es natürlich finden, wenn ich noch bevor ich den eigentlichen Vorgang bei dieser Wahrnehmung näher zu erörtern suchte, nun bei gröfserm Gegensatze von Licht und Dunkel die Complementar-Erscheinung sehen wollte, und das Stickpapier vor das Auge gegen das helle Licht der Wolken hielt.

Hier zeigte sich nun wie durch magische Beleuchtung bei

bei einer gewissen Entfernung vom Auge, näher als die deutlichste Sehweite die über das ganze Gesichtsfeld ausgedehnte Erscheinung eines Schachbrettmusters (Fig. 17 Taf. I. vergröfsert dargestellt), dessen abwechselnde Felder *weifs* und die dazwischen liegenden *farbig* waren, die letzteren jedoch wieder abwechselnd *gelb* und *violett*. Wirklich überraschend war diese anscheinend blofs *geradlinig* begränzte Zusammenstellung farbiger quadratischer Felder, da man doch in der That vollkommen *kreisrunde* Oeffnungen, und den reinen Gegensatz von Licht und Dunkel, oder Weifs und Schwarz vor sich hatte. Wo die kreisrunden *Oeffnungen* lagen, erschienen übrigens die *violetten* Töne, während das *Gelb* sich gerade auf dem *dunkelsten Theile* des Papiergrundes entwickelte. Brachte man das Papier dem Auge näher und näher, so wurde das Violett immer dunkler, das Gelb immer heller, zuletzt ganz weifs, während anstatt des Violett nur ein Grau, mit dem Weifsen verschwimmend, übrig blieb. Das *Weifs* schien am hellsten; dennoch nahm man es gerade da wahr, wo der Papierkörper am vollständigsten den einfallenden Lichtstrahl abschnitt.

Die Erscheinung reihte sich nach den Farbentönen den mannigfaltigen Modificationen der Interferenz, und insbesondere den Erscheinungen der Beugung an. Ich hatte sie am 8. October 1850 zuerst gesehen, und zeigte sie dann mehreren meiner Freunde. Da ich aber für ein genaueres Studium voraussah, es würde nicht ohne grofse Anstrengung des Sehorgans abgehen, so bat ich unsern verehrten Collegen, Hrn. Director Doppler, er möchte vielleicht den Gegenstand einem der jüngern Forscher in seinem physikalischen Institute zur Bearbeitung übergeben. Bei der Vielartigkeit der Untersuchungen und Arbeiten konnte diefs indessen bis jetzt noch nicht geschehen, und ich glaube daher, es ist besser, wenn ich selbst das Wenige, womit ich mich begnügen mufste, hier mittheile, um das Feld für weitere Arbeiten vollständig offen zu lassen. Was ich vorher Quadrate nannte, weifs, gelb und violett, er-

scheint meinem Auge nicht eigentlich in geometrischer Regelmäfsigkeit als *Quadrat:* es ist vielmehr ein Raum, der so weit gleiche Ausdehnung mit den anliegenden hat, um eine andere Ansicht nicht aufkommen zu lassen. Es erschienen mir übrigens dunklere Punkte in dem Ganzen, fast wie ein stumpfeckiger Stern, die nothwendig von der subjectiven Beschaffenheit des Auges abhängen müssen.

Die Farbentöne wechseln in ihrer Intensität. Wenn man von der Entfernung des deutlichsten Sehens mit dem Papiere näher an das Auge rückt, so verschwimmt der Rand der kreisförmigen Oeffnungen, das Dunkle wird immer kleiner, und ist mit einem orangefarbnen Rande umgeben, während der Mittelpunkt der Oeffnung ein hohes Blau zeigt. Später dem Auge fortwährend näher gerückt, geht das Orange in Gelb, das Blau in Violett über. Meinem linken Auge erscheinen alle Töne viel heller, mehr gelb und violett, dem rechten dunkler, mehr orange und blau. Dagegen ist auch die deutlichste Sehweite des ersteren näher am Auge als die des letztern. Ueberhaupt erscheinen die Gegenstände meinem linken Auge deutlicher. Durch die Brille, welche die Entfernung des deutlichsten Sehens weiter hinausrückt, da ich Myops bin, erscheinen die Farbentöne auch dem linken Auge dunkler, blau und orange, bei näher und näher gerückter Stellung des Papiers in Violett und Gelb übergehend.

Es wurde früher bemerkt, dafs, wenn man erst das Stickpapier mit den kreisrunden Oeffnungen in der Entfernung des deutlichsten Sehens betrachtet, und *es nach und nach dem Auge näher bringt,* dafs sich dann an der Stelle der Oeffnungen die blauen oder violetten, und zunächst der Stelle der dunklen Papier-Mittelpunkte die orangefarbenen oder gelben Quadrate anlegen. Wenn man das Papier dagegen *vom Auge nach und nach entfernt,* so legt sich umgekehrt das Blau an der Stelle des Dunkeln an; innerhalb der wirklichen Oeffnungen erscheint Gelb.

Es würde wichtig seyn, alle diese Beobachtungen mit optischen Apparaten zu machen. Nicht nur würde Manches

meſsbar werden, was dem bloſsen Auge vorübergehende Erscheinung bleiben muſs: auch die Unvollkommenheiten des menschlichen Auges würden dadurch aus dem Spiele treten. Man müſste namentlich Lichtbilder machen, sey es auf Papier, sey es auf Metall. Wie werden sich Weiſs und Farbig, wie Gelb und Violett im Gegensatze darstellen? Schon wenn man die Sonne durch Stickpapier auf weiſsen Grund, etwa Papier, hindurchscheinen läſst, zeigen sich deutlich die gelben und violetten Quadrate, mit weiſsen wechselnd.

Wenn ich jetzt nun auch den Gegenstand nicht weiter zu verfolgen beabsichtigen darf, so kann ich doch eben so wenig einige Bemerkungen unterdrücken, die sich mir bei dieser Veranlassung darboten, und die ich kürzlich erwähnen will.

1. Farbe der Polarisationsbüschel.

Das Gelb und Violett der Polarisationsbüschel ist so ungemein ähnlich dem der Quadrate, daſs man unwillkührlich daran erinnert wird, die Erklärung des Einen in der Erklärung des Andern zu suchen. Niemand wird eine andere Erklärung für die Quadrate suchen, als die Interferenz; erscheinen doch unter andern die Stickpapiere beinahe nur als grobe Gitter von eigenthümlicher Gestalt. Aber wie sollte man einer Fläche gleichförmig polarisirten Lichtes, auf welcher man den Büschel, die gelben und violetten, die Sehaxe gegleitenden Sectoren wahrnimmt, eine Beschaffenheit zumuthen, daſs in ihr Beugungsphänomene erwartet werden könnten. Folgende Betrachtung wird die Möglichkeit augenscheinlich hervortreten lassen. Es sey *AB* (Fig. 18 Taf. I.) die Richtung des gegen das Auge einfallenden polarisirten Lichts. Mag es durch Refraction oder Reflexion polarisirt seyn: es kann als aus unendlicher Ferne kommend betrachtet werden. Das Licht sey in der Richtung *CD* polarisirt. Es sey vollkommen weiſses, gleichförmiges Licht. In dem Punkte *A* erhält also das Auge das *Maximum* des in der Richtung *CD* po-

larisirten Lichts. Gleiches, aber in geringeren Graden afficirt, das Auge zu beiden Seiten, gegen *C* und gegen *D* zu. Es könnte allerdings, gegen eine oder die andere Seite zu, weniger gewöhnliches Licht beigemengt seyn, daher die Polarisation stärker erscheinen. Dieses verwirrt die Betrachtung nicht, da hier nur die Richtung *AB* uns beschäftigt, und diese als Centrallinie gilt. Das Auge sieht unbeweglich in dieser Richtung hin, denn sonst würde der Büschel selbst alsobald auf den neuen Durchschnitt der Sehlinie mit der polarisirten Lichtfläche übertragen werden. Ist nun in *A* das Maximum, so kann man den Theil gegen *C* und *D* zu, als aus einer unendlichen Menge von der *EF* parallelen Linien *GH, IK* u. s. w. getheilt ansehen, die eben so viele Kanten darstellen, jede auf der Seite gegen *A* von einem helleren, auf der Seite gegen *C* von einem weniger hellen Raum begleitet. In jedem Punkte von *A* gegen *C* hin, so wie von *A* gegen *D* hin, läfst sich also ein Beugungsphänomen erwarten, und zwar ein solches, wo äufsere Ränder im helleren Raume erscheinen; es sind diefs die rothen und gelben, welche nur durch ihre grofse Zartheit in ihrer ununterbrochenen Aufeinanderfolge den Eindruck von *Gelb* machen. Analoges geschieht in der Richtung gegen *E* und gegen *F*, aber begreiflich Entgegengesetztes, da Polarisation in der Richtung *CD* nichts anderes ist, als Mangel der Polarisation in der Richtung *EF*. Hier tritt also ein *Minimum* von in der Richtung *EF* polarisirtem Lichte ein, ein Minimum, das in gleichem Maafse zu beiden Seiten nach *E* und nach *F* zu abnimmt. Auch hier läfst sich also eine Aufeinanderfolge von Kanten denken, parallel *CD*, wie *LM* und *NO* an denen Beugung stattfindet, aber umgekehrt wie es in den Richtungen *AC* und *AD* stattfand, also nicht vom Helleren zum weniger Hellen, oder vom Maximum herab, sondern vom weniger Hellen zum Helleren, oder vom Minimum hinauf. Die Farbe wird daher auch die den rothen — oder in der Erscheinung gelben — Rändern entgegengesetzte seyn, nämlich *Violett.* Die Farbentöne sind am stärksten ausgedrückt, Gelb in der Rich-

tung *CD*, Violett in der Richtung *EF*; sie nehmen ab an Intensität so wie sie sich von dem Mittelpunkte *A* entfernen, sie neutralisiren sich unter den Winkeln von 45° zu Weifs.

Die vorhergehende Betrachtungsart giebt Rechenschaft über die *Farbe*. Diese wäre dann schon vorbereitet, bevor das Auge sie empfindet. Dann aber müfste es auch gelingen, die Büschel zu projiciren, und endlich sie auf Flächen zu fixiren. Die verschiedenen Erklärungsarten, welche blofs auf der Polarisation durch Reflexion beruhen, geben keinen hinlänglichen Grund für irgend eine Farbe.

2. Irradiation.

Wenn man das Stickpapier mit den in senkrechten Reihen stehenden Kreis-Oeffnungen gegen das Licht hält und in der deutlichsten Sehweite betrachtet, so erscheinen dieselben Oeffnungen vollkommen scharf begränzt, der Grund dunkel. Bringt man das Papier dem Auge allmälig näher, so verschwindet der scharfe Rand, das Helle dehnt sich aus, das Dunkle zieht sich zusammen. Bringt man das Papier in eine gröfsere Entfernung, so verschwindet gleichfalls der scharfe Rand der Kreis-Oeffnungen, das Helle dehnt sich aus, das Dunkle zieht sich zusammen. Gewifs ist diefs *Irradiation*, wie sie in den physikalischen Werken beschrieben wird, unter andern in dem oben angeführten »*Répertoire d'Optique moderne*« des Hrn. Abbé Moigno [1]), in welchem er unter andern auch die grofse Arbeit des Hrn. Plateau im Auszuge mittheilt. Dieser genaue Forscher hatte übereinstimmend mit der allgemein herrschenden Ansicht über Irradiation die Erscheinung derselben einem durch den Sehact der Netzhaut mitgetheilten, eigentlich seitwärts jenseits der Gränzen des Bildes fortgesetzten Eindrucke zugeschrieben. Diese physiologische Erklärung befriedigte indessen Arago nicht. In dem von ihm über Plateau's Arbeit 1839 in der Pariser Academie

1) Tome II., 598.

gegebenen Berichte erklärte er sich gegen dieselbe, und versprach bald eine eigene Abhandlung über seine dahin gehörigen Erfahrungen und Ansichten zu geben. Sie ist nicht erschienen. Einstweilen hat Hr. Plateau seine Gegenansichten zu den Bemerkungen Arago's bekannt gemacht. Ist es nun erlaubt, nach Plateau's eigentlich zu diesem Zwecke angestellten bis in das Kleinste ausgeführten Forschungen, noch dazu während Arago's schon angekündigte Abhandlung noch nicht erschienen ist, nur einfache Bemerkungen zu machen, ohne dafs ich mir durch eine genauere und sorgsamere Arbeit eigentlich ein Recht dazu erworben hätte? Ich glaube, die Thatsache, dafs eine neue Art von Beobachtungen die Frage als neuerdings aufgefrischt betrachten läfst, giebt mir hinlängliche Veranlassung dazu.

Plateau erinnert [1]), indem er die von Arago entwickelte Ansicht der Irradiation als auf dem Principe des anerkannt unvollkommenen Achromatismus des Auges beruhend annimmt, dafs man dann in der Beobachtung der Irradiations-Erscheinungen Farbensäume wahrnehmen müfste, was doch in der That nicht der Fall sey. Die oben beschriebene Erscheinung ist nun aber wirklich eine solche Beobachtung von Farbensäumen, wie sie Plateau in Abrede stellt; aber die Umstände, unter welchen sie in dem Stickpapiere erscheinen, sind auch von der Art, dafs man in gewisser Beziehung sagen kann, man habe die Summe der Irradiations-Farbensäume eines ganzen Kreisumfanges in einem einzigen Punkte concentrirt, und da zeigen sie sich denn auch selbst in viel gesättigteren Tönen, als wenn man sie nur einer einzigen Linie entlang vor sich hat, in welcher sich Licht und Dunkel berühren.

Aber doch kann man auch die letztern wenngleich schwachen Farbensäume, einer einzigen Linie entlang deutlich zur Anschauung bringen. Man befestige eine Lupe in der Richtung gegen gleichförmiges Licht der Wolken und betrachte durch sie eine scharfe vertical gestellte

1) Moigno II., S. 609.

Kante, z. B. eine Visitkarte *A*, die man etwa in der linken Hand hält. Das Bild sey ganz scharf, ohne die mindeste Andeutung von Irradiation. Nun bewege man in der rechten Hand eine gleiche Karte *B* gegen die andere, so dafs ein dünner Spalt übrig bleibt. Ist nun die Karte *B* näher dem Auge als *A*, so ist das Bild der Kante derselben undeutlich und hat einen gelben Rand, die Kante der Karte *A* aber hat einen blauen. Ist *B* mehr entfernt und die Kante dadurch undeutlich, so hat *B* einen blauen Rand, *A* hat einen gelben. Mit einem Worte, der nähere Rand ist gelb, der entferntere ist blau eingesäumt.

Analoge Erscheinungen zeigt der Rand eines schwarzen breiten Streifens auf Weifs. (Fig. 19 Taf. I.) Man betrachte ihn erst in der deutlichsten Sehweite. Keine Irradiation. Man nähere ihn dem Auge, der deutliche Rand verschwimmt, und ist zunächst dem Dunkeln gelb, zunächst dem Hellen blau begränzt. Man bringe ihn aus der deutlichsten Sehweite in gröfsere Entfernungen: der Rand verschwimmt gleichfalls, aber dann ist das Schwarze mit Blau, das Weifse mit Gelb eingesäumt, alles wohl sehr zart, aber namentlich durch den Gegensatz hinlänglich bestimmt hervortretend. Sehr lehrreich ist die Erscheinung bei der für Irradiation so oft gegebenen, Fig. 20 Taf. I. mit zwei schwarzen, sich in einer Ecke berührenden Quadraten. In der deutlichsten Sehweite keine Irradiation. Die verticalen und die horizontalen Ränder verschwimmen gleichmäfsig, und das Helle greift, um es so auszudrücken, in den dunkeln Raum über, aber mit diesem Unterschiede, dafs bei genäherter Stellung die gelben Ränder zunächst dem Schwarz, die blauen zunächst dem Weifs sich zeigen, während umgekehrt bei gröfserer Entfernung die gelben Ränder dem Weifsen zunächst liegen, und die blauen an der Seite des Schwarz erscheinen. Bei günstiger heller Beleuchtung bildet sich im letztern Falle in den zwei hellen Ecken zusammengenommen das Bild eines wahren *gelben Büschels*, ähnlich dem des polarisirten Lichtes. Diese Erscheinungen sind sämmtlich sehr zarter Natur, manche

Beobachter werden sie vielleicht nicht wieder finden. Nichts destoweniger werde ich nicht zugeben dürfen, daſs man deſswegen ihre Existenz bestreite, nur wäre es mir wirklich sehr lieb, wenn sie auch von anderer Seite her bestätigt würden.

Die hier beschriebenen Erscheinungen, so wenig sie Apparate erfordern, aber auch so wenig sie in der Gestalt wie sie hier erwähnt sind, den Glanz und die für Messungen und Rechnungen nothwendige Feinheit besitzen, scheinen mir dennoch gerade eine sehr einfache Verbindung zwischen den noch zu sehr getrennt betrachteten Phänomenen der Beugung und der Irradiation zu beweisen. Ich bin wohl sicher in meiner Ansicht, im Gefolge eines Arago, sie ist daher auch nicht neu, ich glaubte aber dennoch die Beziehungen der neuen Beobachtungen, ungeachtet der Erwartung in der wir noch immer auf seine eigene ausführliche Abhandlung sind, eben weil die Beobachtungen selbst neu sind, nicht unangedeutet lassen zu dürfen.

Auf die Frage meines hochverehrten Freundes, Regierungsrathes v. Ettingshausen, was denn die Erscheinungen im homogenen Lichte seyen, betrachtete ich die Flamme des gesalzenen Dochtes einer Spirituslampe durch das Stickpapier. Das Schachbrett erschien einfach mit hellen und dunklen Feldern, der Unterschied zwischen Violett und Gelb war verschwunden, aber der zwischen Hell und Dunkel blieb deutlich sichtbar. Nach Plateau wäre die Erscheinung der Irradiation, wenn sie im homogenen Lichte stattfindet, ein Beweis gegen die Voraussetzung, daſs sie von der chromatischen Aberration des Auges herrührt. Die Modification, welche sich bei der Beobachtung des Schachbrettmusters im homogenen Lichte darbietet, ist wohl hinreichend, diese Ansicht Plateau's selbst zu widerlegen, und doch die Verbindung zu zeigen, in welcher sich die Irradiation und die chromatische Aberration befindet.

3. Gestalt der Krystall-Linse.

Schon längst hat Airy [1]) die eigenthümlichen Erscheinungen beschrieben, die auf der ungleichförmigen Strahlenbrechung in den Augen verschiedener Individuen, und selbst in den beiden Augen eines und desselben Individuums stattfinden. Er hat selbst diese Unvollkommenheiten durch eigenthümlich geschliffene Brillen, oder durch Combinationen von Gläsern corrigirt. Auch Sir David Brewster machte eben daselbst darauf aufmerksam, dafs die Ursache dieser Erscheinung in der ungleichartigen Krümmung der Hornhaut oder der Krystall-Linse, oder auch wohl in der verschiedenen Dichtigkeit der letztern liegen könne. Die Betrachtung eines gleichförmig hellen Grundes durch das Stickpapier in der deutlichsten Sehweite. und dann in gröfseren oder in kleineren Entfernungen vom Auge giebt durch die gleichförmige Phase so vieler in regelmäfsigen Abständen nebeneinander liegenden Oeffnungen ein gutes Mittel an die Hand, die Eigenthümlichkeiten der Augen zu studiren. Selten wird ein Individuum die gleichen Erscheinungen mit beiden Augen wahrnehmen. Ich habe wohl nur wenige verglichen, beabsichtige auch nicht hier den Gegenstand weiter zu verfolgen und will nur ganz kurz anführen, was ich an meinen eigenen Augen beobachte.

Die deutlichste Sehweite ist der Anfangspunkt. Nach und nach dem linken Auge genähert, verlieren die kreisrunden Oeffnungen zwar ihre scharfen Ränder, aber nichtsdestoweniger bleibt die Form derselben regelmäfsig kreisrund. Durch die fortwährende Ausdehnung des helleren Raumes wird der dunkle zwar immer kleiner, aber bleibt regelmäfsig, so dafs die Mittelpunkte der zuletzt übrig bleibenden, quadratischen Flecke ganz genau den Mittelpunkten der zwischen den runden Oeffnungen des Stickpapiers befindlichen dunkeln Räume entsprechen. Eine ganz gleiche Erscheinung giebt das linke Auge bei allmälig stattfindender gröfserer Entfernung.

1) Brewster's *Journal of Science*, Vol. VII, p. 322. 1827.

Das rechte Auge zeigt eine abweichende Erscheinung. Bringe ich das Papier immer näher, so tritt die Bildung der verwischten Ränder zuerst, und mit gröfserer Breite links oben, und rechts unten an den Oeffnungen ein. Die Oeffnungen verziehen sich dadurch nach und nach zu, von links oben gegen rechts unten schief liegenden, Maschen, in welchen die beiden Seiten sich verhalten wie $1:\sqrt{2}$. Später folgt die Erscheinung des Schachbrettes. Bei gröfserer Entfernung zeigen sich ebenfalls solche Maschen, aber ihre Richtung ist die gerade entgegengesetzte, von rechts oben gegen links unten.

Die Regelmäfsigkeit der Bildung des Auges zeigt sich in der Leichtigkeit und Genauigkeit von Beobachtungen, sey es mit blofsem Auge, oder mit Hülfe von optischen Apparaten. Ich kann mir keinen vollkommeneren optischen Eindruck denken, als den, welchen mein linkes Auge im Gebrauche einer Lupe empfängt; bei dem rechten Auge bleibt immer Vieles zu wünschen übrig, die Gegenstände sind niemals durch so scharfe Umrisse begränzt, wie bei dem linken Auge.

Ich mufs noch hinzufügen, dafs man überhaupt die in dem letzten Abschnitt erwähnten Untersuchungen sehr zweckmäfsig durch den Gebrauch einer Lupe unterstützen, so wie man überhaupt Gegenstände dieser Art in einer grofsen Mannigfaltigkeit von Nebenumständen behandeln kann, von denen allen indessen es gleichmäfsig wahr bleibt, dafs sie die Augen ungemein anstrengen.

4. Die ineinander laufenden Linien.

Brewster[1]) hat mancherlei hierher gehörige Beobachtungen gemacht und die Eindrücke beschrieben. Sie reihen sich auf das genaueste den oben verzeichneten an. Zahlreiche höchst feine wie gebrochene Parallel-Linien erscheinen, wenn man gegen einen hellen Grund durch ein System von parallelen Oeffnungen, etwa fünf und zwanzig auf einen Zoll, zum Beispiel durch die Zähne

1) Moigno II, p. 614.

eines Kammes hindurchsieht. Man kann auch zwei Kämme kreuzen. Diese höchst feinen Linien erscheinen auch bei den Versuchen mit dem Stickpapier.

Wenn man Parallel-Linien schwarz auf weifs, etwa das Meer auf einer geographischen Karte, längere Zeit aufmerksam in einer festen Richtung betrachtet, so laufen die Linien bald untereinander, verlieren scheinbar ihren Parallelismus, vereinigen sich in Knoten, wie bei einer Kette, die indessen niemals unbeweglich werden, zum grofsen Mifsbehagen der Augen. Brewster giebt sogar die Farben-Empfindung von Gelb, von Blau und Grün an, welche sich in den Räumen zwischen den Linien zeigen.

Diese Phänomene beruhen angeblich auf *geradlinigen auf der Netzhaut fortgepflanzten Schwingungen.* Die Interferenz und Kreuzung der Schwingungen, durch welche die schwarzen Linien abgebrochen erscheinen und Farben sich bilden, entsteht durch die Beweglichkeit des Kopfes und der Hand, hervorgebracht durch den Parallelismus der aufeinander folgenden Schwingungen [1]).

Die hier erwähnten Schwingungen der Netzhaut anzunehmen scheint mir bei der Erklärung der Erscheinungen nicht nothwendig. Man reicht wohl gänzlich mit derselben Modification der Beugung und Irradiation aus, die oben bezeichnet wurde. Man mache parallele gleich breite schwarze Striche auf weifses Papier, mit gleich grofsen Zwischenräumen 15 bis 20 auf den Zoll. *In der Entfernung der deutlichsten Sehweite* noch so lange betrachtet, erscheint keine Veränderung, keine Irradiation, kein Ineinanderlaufen. Aber man nähere sie im zurückgeworfenen oder durchfallenden Lichte dem Auge; über dem Schwarz entsteht nun ein heller gelber Streif, in den Zwi-

1) *Les phénomènes produits dans ces deux expériences appartiennent naturellement à des ondulations rectilignes propagées sur la rétine, et l'interférence et le croisement des ondulations par suite desquels les lignes noires se brisent en portions détachées et les couleurs se produisent, naissent du peu de fixité de la tête et de la main que cause un parallélisme dans les ondulations successives. Moigno II, p.* 615.

schenräumen zeigt sich Violett oder Blau. Jenseits erscheint was dunkel war licht, was licht war dunkel. Entgegengesetztes findet statt, wenn man die mit Parallelstreifen versehene Fläche vom Auge entfernt; das Schwarze erscheint dann blau, das Weifse dazwischen gelb. Jenseits geht das Blau in Weifs, das Gelb in Schwarz über. Das Ineinanderlaufen der Linien findet im Gesichtsfelde nicht an der Stelle des deutlichsten Sehens, sondern etwas aufserhalb desselben statt. Will man es verfolgen, so geräth das Auge in eine solche Entfernung von den Parallel-Linien, dafs der Gegenstand aufserhalb der deutlichsten Sehweite liegt. Die unwillkührlichen Bemühungen zur Accomodation des Auges, das Verschwimmen der Ränder, die Beugungsfarben, endlich die Ermüdung der Netzhaut geben der Momente genug, um die Pulsationen der Erscheinung durch directen Eindruck zu erklären, ohne dafs man eine seitliche Fortpflanzung von Schwingungen auf der Netzhaut anzunehmen nöthig hat.

III. *Ueber die Longitudinallinien des Sonnenspectrums; von Dr. Georg Kefsler.*

Im Laufe einer experimentellen Untersuchung über Interferenzen des Lichts, zu welcher ich die den verschiedenen Fraunhofer'schen Linien entsprechenden Brechungsindices für ein bestimmtes Prisma brauchte, mufste ich natürlich auch auf die Longitudinallinien, welche sich unter gewissen Umständen im Spectrum des Sonnenlichtes zeigen, aufmerksam werden. Ich überzeugte mich jedoch bald, dafs diese nur von Unvollkommenheiten der angewandten Apparate herrühren und beabsichtigte sie ganz mit Stillschweigen zu übergehen; denn ich glaubte, nachdem zuletzt noch Wartmann sich der Ansicht von Erman, Crahay,

Cavalleri, Kühn, Knoblauch und Karsten angeschlossen hatte, stehe die Thatsache fest, dafs bewufste Linien, insbesondere von Unvollkommenheiten der angewandten Apparate, im Allgemeinen aber von der verschiedenen Intensität der auf das Prisma fallenden Lichtstrahlen herrühren. — Da jedoch neuerdings von Hrn. Prof. Ragona-Scina (Pogg. Ann. LXXXIII, S. 590) wiederum die Ansicht ausgesprochen wird, jene Streifen seyen eine Interferenzwirkung, so dürfte es vielleicht zu rechtfertigen seyn, wenn ich mit einigen Worten meiner Beobachtungen gedenke und einen Versuch anführe, auf den mich die Mittheilung des Hrn. Ragona leitete, und der wenigstens für Einen Fall die Entstehung der Horizontallinien aufs Bestimmteste nachweist.

Die Apparate, welche ich zu meinen Untersuchungen benutze, bestehen (so weit sie bei nachfolgenden Experimenten dienten) in

1) einem Flintglasprisma von Merz u. Söhne in München, dessen brechender Winkel $= 40^\circ\, 58'\, 4'',5$, und dessen Höhe der brechenden Kante $= 1'',238$ rhein.;
2) einem 8zölligen Repetitionstheodoliten, vor dessen Objective durch ein System von Schrauben das Prisma so befestigt werden kann, dafs es seine Stellung gegen das Fernrohr bei dessen Drehung unverändert beibehält und dafs seine berechnete Kante vertical steht;
3) einer, im Laden eines Fensters befestigten Diffractionsschneide aus 2 Stahlschneiden bestehend, welche durch eine Mikrometerschraube einander näher oder ferner gebracht werden können;
4) einer Crownglaslinse (*biconvex*) von etwa $13'',6$ rhein. Brennweite und $5'',3$ Oeffnung; die Entfernung vom Mittelpunkte des Theodoliten bis zur Schneide beträgt $194'',139$ und die Entfernung der brechenden Kante des Prismas vom Mittelpunkte des Theodoliten ist $= 8'',537$. Die Linie von letzterem zur Schneide weicht nur wenig vom astronomischen Meridian nach Osten

ab und die Absehenslinie des Fernrohrs, wenn dieses auf den höchsten und tiefsten Punkt der Schneide gerichtet ist, trifft auf eine etwa 5600′ entfernte mit Wald bewachsene Anhöhe.

Wenn die im Sonnenspectrum beobachteten Horizontallinien von Unreinigkeiten des Prismas, Unebenheiten der Schneiden, oder von an beiden haftenden Staubtheilchen herrühren, so müssen sie ihre Lage ändern, sobald das Prisma oder die Schneide in einer Verticalebene verschoben wurden; ich that diefs bei beiden, die Linien blieben aber fest. Nun war noch zu untersuchen, ob sie vielleicht von einer mit weifsem Papier beklebten Klappe herrühren, welche ich vor der Schneide angebracht hatte, um von ihr, wie von einem Spiegel, Licht auf diese werfen zu lassen; ich bewegte sie (die Klappe) deshalb auf und ab und sah, wie die Linien diese Bewegung mitmachten. Als ich hierauf die Klappe ganz wegnahm, und ebenso, als ich sie mit anderem ganz *reinem* Papiere beklebt hatte, verschwanden *alle Horizontallinien* im Spectrum *vollständig* und ich habe seitdem bei vielfacher Betrachtung des Spectrums und seiner Fraunhofer'schen Linien keine Spur mehr davon wahrnehmen können, woraus ich mich, den Schlufs zu ziehen, für berechtigt hielt, dafs *alle* Longitudinallinien, welche ich gesehen, von Unreinigkeiten des Papiers auf jener Klappe herrührten, besonders, da ich sie wiederum nach Willkühr erscheinen lassen konnte, wenn ich die Bedingung der Unreinigkeit durch Aufstreuen von Staub oder Anbringung von dunklen Punkten auf jenem Papiere erfüllte.

Nach Durchlesung der von Hrn. Ragona gemachten Mittheilung bemühte ich mich, dessen Versuche genau zu wiederholen, so weit diefs nach der etwas aphoristischen Beschreibnng möglich ist, konnte aber dabei keine Longitudinallinien im Spectrum zu Gesichte bekommen. Ob dieses negative Resultat meiner Ungeschicklichkeit oder anderweitigen Umständen zuzuschreiben sey, mufs ich dahin gestellt seyn lassen; ich versuchte zuletzt noch die zu An-

fang erwähnte Linse in etwa 8″ Entfernung hinter dem Schlitze aufzustellen, so dafs das Tageslicht, ehe es zu dem vor dem Theodolitenrohr befestigten Prisma gelangen konnte, erst diese passiren mufste, und zu meinem grofsen Erstaunen sah ich jetzt neben den etwas undeutlichen Fraunhofer'schen Linien im Spectrum eine grofse Anzahl der verschiedensten horizontalen Streifen, die zum Theile intensiv schwarz, zum Theile grau, theils als breitere Bänder oder als scharf begränzte Linien mit Lichtstreifen abwechselnd erschienen. Die Verengung des Schlitzes liefs sie an Intensität abnehmen und die Verrückung der Linse in horizontalem Sinne hatte keinen Einflufs auf ihren Ort. Ich überzeugte mich von letzterem durch folgende Ablesungen am Verticalkreis des Theodoliten, indem ich bei verschiedenen Distanzen der Linse auf zwei markirte Streifen einstellte.

Entfernung der Linse vom Schlitze.	Ablesungen am Verticalkreis.
10″,99	Obere Linie = 0° 16′,0 Untere » = 0° 45′,0
11″,65	Obere » = 0° 16′,0 Untere » = 0° 45′,5
5″,41	Obere » = 0° 17′,0 Untere » = 0° 45′,0.

Die Verrückung im verticalen Sinne der Linse hatte eine eben solche der Linien zur Folge.

Um zu untersuchen, ob deren Ursprung etwa im Schlitze oder in der Linse sey, nahm ich das Prisma vor dem Fernrohre weg, und sah direct auf beide. Jetzt zeigten sich auch im Schlitze hellere und dunklere Partien, die den Streifen im Spectrum zu correspondiren schienen, und um nun schliefslich zu wissen, ob diese durch aufserhalb des Schlitzes gelegene Gegenstände verursacht würden, stellte ich den Horizontalfaden des Fernrohres auf eine der auffallendsten dunkeln Stellen, nahm dann die Diffractionsschneide ganz weg, so dafs ich durch die Linse hindurch ins Freie sehen konnte, und es war spafshaft an-

zusehen, wie jetzt der Faden einen schwarzen Düngerhaufen gerade in der Mitte traf. Nun wufste ich, wo meine Horizontallinien herkamen und dafs die ganze Gegend ihren hellern und dunklern Partien nach in dem Spectrum abgebildet war; um aber darüber keinen Zweifel zu lassen, brachte ich Prisma und Schneide wieder an ihren Ort, stellte die brechende Kante des ersteren möglichst vertical und las die Angaben meines Verticalkreises ab, als der Faden mit den hervortretendsten hellen oder dunkeln Linien coïncidirte. Ich erhielt Folgendes:

	Verticalkreis.
Oberer Rand der Streifen scharf begränzt	+ 0° 6′,0
Lichtlinie ziemlich breit	0° 11′,0
Lichtlinie schmäler	0° 16′,0
Oberer Rand einer Gruppe sehr schwarzer Linien . .	0° 18′,5
Lichtlinie	0° 24′,0
Lichtlinie schwach	0° 27′,5
Oberer Rand einer schwarzen Gruppe	0° 30′,0
Unterer Rand derselben Gruppe	0° 33′,5
Oberer Rand einer ähnlichen Gruppe	0° 35′,0
Unterer Rand derselben Gruppe	0° 40′,0
Mitte einer Gruppe grauer, aber sehr scharfer Linien .	0° 51′,0

Nachdem nun Prisma und Schneide weggenommen waren, wurde auf dieselben Zahlen eingestellt und der Faden traf auf nachfolgende Gegenstände:

bei	auf:
0° 6′,0	Obere Gränzlinie einer waldigen Anhöhe
0° 11′,0	Untere Gränzlinie derselben. Streif einer Wiese
0° 16′,0	Weg mit weifsem Sand
0° 18′,0	Oberen Rand eines Düngerhaufens
0° 24′,0	Fufsweg mit weifsem Sand
0° 27′,5	Fufsweg im Feld gelblich,
0° 30′,0	Obere Gränze eines dunkeln Zaunes
0° 33′,5	Untere Gränze desselben
0° 35′,0	Obere Gränze eines anderen Stückes desselben
0° 40′,0	Untere Gränze desselben
0° 51′,0	Mitte eines frisch gepflügten Feldes.

Eine zweite Reihe von Einstellungen, welche ganz dasselbe Resultat ergab, will ich nicht hersetzen, um die Gränzen einer Notiz nicht zu überschreiten; es wird sich jeder,

jeder, den es interessiren sollte, leicht überzeugen können, *dafs man durch Interposition einer Linse (nahe am Schlitze) die Licht- und Schattennüancen der ganzen Gegend als Horizontal-Streifen ins Spectrum* bekommt.

Dafs diese zum Theil so scharf und intensiv dunkel oder hell auftreten, begreift man leicht, wenn man das durch die Linse gebildete Luftbild durchs Fernrohr oder auf einen weifsen Schirm projicirt betrachtet. In ihm sind alle Nüancen des Lichtes aufs Schärfste ausgesprochen, weil alle Strahlen, welche auf die Linse fallen, in dem kleinen Raume desselben zusammengedrängt sind, und von diesem aus gelangen sie ja erst auf das Prisma.

Die Linien *müssen* ihrer ganzen Länge nach gleichförmig breit seyn, weil ja jeder in einem verticalen Schnitte des Bildes liegende Punkt durch die Brechung des Prismas zu einer Linie ausgezogen wird und in dieser, wenn nur das Prisma homogen ist, ihrer ganzen Länge nach nichts als wieder derselbe Punkt anzutreffen ist.

Der Grund, warum ich bei meinen Versuchen ohne Linse gar keine Intensitäts-Verschiedenheiten in verticaler Richtung wahrnehmen konnte, liegt darin, dafs um die Fraunhofer'schen Linien deutlich zu sehen, das Ocular des Fernrohrs ungefähr so gestellt werden mufs, dafs der Schlitz scharf begränzt erscheint, und ist dieser, wie bei mir, ziemlich nahe (etwa 16'), so werden die von ihm ausgehenden Strahlen in dem Fernrohre an einer ganz anderen Stelle zur Vereinigung kommen, als die von einem mehrere tausend Fufse entfernten Gegenstande ausgesandten, so dafs die beiden erzeugten Bilder bei der erwähnten Stellung des Oculars nicht zugleich gesehen werden können, also auch die Wirkung des einen auf das Spectrum nicht bemerkbar ist. Bei Anwendung einer nahe beim Spalte angebrachten Linse jedoch gelangt durch ihre Vermittlung von einem sehr beträchtlichen Theile der Gegend und des Himmels Licht zum Prisma, die gröfsere oder geringere Helligkeit derselben wird jetzt in dem klei-

nen Luftbilde, das seine Strahlen nach dem Prisma sendet, sehr bemerklich, und es fällt nun die Vereinigungsweite derselben so ziemlich mit der der Fraunhofer'schen Linien zusammen, so dafs die Stellung des Oculars eine für das Deutlichsehen beider Bilder günstige ist.

Wenn die Menge und Intensität des auf das Prisma fallenden Lichtes grofs genug ist, und das Ocular eine ihrer Vereinigungsweite entsprechende Stellung hat, so müssen auch *ohne Linse* alle Variationen der Erleuchtung als helle oder dunkle Linien im Spectrum auftreten, was schon früher von Crahay ausgesprochen wurde.

In Betreff der Mittheilung des Hrn. Ragona, will ich gerade nicht behaupten, dafs die von ihm gesehenen Horizontallinien mit den meinigen gleichen Ursprungs gewesen seyen; seine Versuche sind, um hierüber ein Urtheil fällen zu können, nicht ausführlich genug beschrieben; es dürften aber doch vielleicht ähnliche Umstände mit im Spiele gewesen seyn, denn besonders bei Beobachtungen ohne Fernrohr, wo die oben erwähnte Stellung des Oculars nicht das eine Bild gewissermafsen auslöscht, dürfte es sehr schwer halten, sich von den Einflüssen einer verschiedenen Beleuchtung der Gegend und des Himmels ganz frei zu machen.

Die Behauptung des Hrn. Ragona: » dafs Linien, welche sich so deutlich und schön auf der Projectionsebene abbilden, die in ihrer ganzen Ausdehnung so gleichförmig und scharf sind, sich beim ersten Blicke von denen unterscheiden, die durch Unebenheiten der Ränder, Mangelhaftigkeit des Apparats etc.“ entstehen, will mir jedoch sehr gewagt erscheinen, und meiner Erfahrung nach geben die angeführten Eigenschaften noch kein Kriterium für Entstehung durch Interferenz ab. — Viele meiner Horizontallinien, die durch Unreinigkeiten des Papiers und durch die erwähnte Interposition der Linse hervorgebracht wurden, waren aufserordentlich scharf und gleichförmig, während dagegen *wirkliche verticale Interferenzlinien*, wie sie

im Spectrum auftreten, wenn das Licht durch ein dünnes Glimmerblatt gegangen ist, je nach dessen Dicke, ein mehr oder minder *verwaschenes* Ansehen haben.

Berlin im Januar 1852.

IV. *Weitere Mittheilungen, meine Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne betreffend; von Dr. Christian Doppler.*

(Gelesen in der naturwissenschaftlichen Classensitzung der K. Academie d. Wiss. zu Wien und mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Vor etwa anderthalb Jahren hatte ich das naturwissenschaftliche Publicum auf zwei Memoiren des Hrn. Benedetto Sestini, damaligem Astronomen am *Collegio Romano* zu Rom, aufmerksam gemacht, welche eine reiche Sammlung von neuen Beobachtungen über das farbige Licht der Fixsterne enthielten, und von denen das eine im Jahre 1845, das zweite im Jahre 1847 zur Publicität gelangte. Es hatte nämlich dieser verdiente Astronom aus Veranlassung meiner kleinen Abhandlung: »über das farbige Licht der Doppelsterne u. s. w.,« welche ihm bald nach ihrem Erscheinen zugekommen war, unter theilweiser Mithülfe des Hrn. Ignazio Cugnoni und seines Collegen Antonio Grofs, aus reinem Interesse für die Wissenschaft, sich der gewifs nicht unbedeutenden, mehrjahrigen Mühe unterzogen, eine sorgfältige Durchmusterung und Abaichung des gestirnten Himmels und eine genaue Bestimmung der Farbe des Lichtes der einzelnen Fixsterne, worauf man bis dahin wenig Gewicht gelegt, vorzunehmen. Meine Theorie, die ich als dem wissenschaftlichen Publicum bereits hinreichend bekannt voraussetzen darf, führt nämlich mit Nothwendigkeit zu der Folgerung, dafs, wie auch im-

mer die ursprüngliche und eigenthümliche Farbe des Lichtes der Fixsterne beschaffen seyn möge, diese Farbe für die Wahrnehmung jedenfalls eine Aenderung dann erfahren mufs, wenn diese Himmelskörper in eine sehr schnelle Bewegung gerathen, oder falls sie damit bereits begabt sind, diese merklich ändern. Obgleich demnach die Frage über die ursprüngliche Farbe des Fixsternenlichtes mit meiner Theorie, die nur die Farbenänderungen der Gestirne zu erklären sucht, in keinem unmittelbaren Zusammenhange steht; so machen es doch der wahrscheinlich gleiche Ursprung und die vermuthlich nahezu gleiche Beschaffenheit der Fixsterne, so wie der weitere Umstand, dafs die Farbe der überwiegenden Mehrzahl und namentlich derjenigen Fixsterne, an denen wir keinerlei Bewegung wahrnehmen, oder sonst ihnen beizulegen uns veranlafst sehen, die weifse oder gelblichweifse ist, während wir hinwieder gerade solche Gestirne, deren schnelle Bewegung aufser allem Zweifel steht, z. B. die Doppelsterne, in mehr oder weniger gefärbtem, ja mit unter selbst in brillant farbigem Lichte prunken sehen, — diese Umstände, sage ich, machen es nicht nur in hohem Grade wahrscheinlich, dafs die Farbe des Lichts sämmtlicher Fixsterne an sich weifs oder gelblichweifs ist, sondern sie sprechen noch weiteres mit grofser Ueberredungskraft der Ansicht das Wort, dafs, wenn wir viele der Gestirne in einem anderen als weifsem Lichte erglänzen sehen, diefs in einer Bewegung derselben seinen Grund haben dürfte. Ich würde mich einer unverantwortlichen Wiederholung schuldig machen, wollte ich hier ausführlich nochmals darthun, in welcher überraschenden Weise die in den oben erwähnten Memoires niedergelegten zahlreichen Beobachtungen dieser meiner Ansicht das Wort reden, wefshalb ich mich begnüge, diefsfalls auf meinen Vortrag vom 18. Juli 1850, welcher in das Juli-Heft der academischen Sitzungsberichte desselben Jahres aufgenommen ist, oder auf Poggendorff's Annalen von 1850, mich zu berufen. Und nun sey es mir gestattet, auf nach-

folgende Mittheilungen überzugehen, welche zugleich als eine Fortsetzung der früheren erachtet werden können.

Vor einigen Tagen nämlich erhielt ich aus Georgetown, in Nordamerika, ein Schreiben, datirt vom 2. November 1851, von Hrn. Sestini, in welchem er mich seines fortdauernden Interesses an dieser wissenschaftlichen Angelegenheit versichert, und mir zugleich mittheilt, dafs er seitdem in Amerika eine vollsändige Revision seiner früheren Beobachtungen vorgenommen habe. Er hatte die Güte mir anzuzeigen, dafs er seine diefsfallsigen Beobachtungen und Wahrnehmungen unter gleichzeitiger Darlegung meiner Theorie in dem 11. und 12. Hefte des *Astronomical Journal* von 1850, welches unter der Redaction des Dr. B. A. Gould zu Cambridge erscheint, niedergelegt habe, und fordert mich auf, falls es nicht bereits schon geschehen seyn sollte, davon Kenntnifs zu nehmen.

Hr. Sestini wirkt nunmehr seit 1848 als *Professor of Natural Philosophy* am *Georgetown College* in Amerika, wohin er, um den Stürmen, welche wahrlich nicht zum Frommen der Wissenschaft und Gesittung über Europa hereinbrachen, auszuweichen, gegangen war.

Es bedarf wohl nicht erst der Versicherung, dafs ich mich beeilte dieser Erwartung zu entsprechen, um mich so in den Stand zu setzen, dem wissenschaftlichen Publicum nebst den neuen Thatsachen zugleich auch jene Folgerungen vorzulegen, die sich mir aus diesen ungezwungen und unbestreitbar zu ergeben scheinen.

Hr. Sestini liefs es sich, in Amerika angekommen, wie er selber sagt, angelegen seyn, seine frühere wissenschaftliche Arbeit über diesen Gegenstand alsobald wieder aufzunehmen, und da es ihm vor Allem darum zu thun war, den Einflufs genau kennen zu lernen, welchen eine etwaige atmosphärische Verschiedenheit der Beobachtungsorte von Rom und Georgetown auf die Beobachtungsresultate selber vielleicht ausüben könnten, so bediente er sich desselben vortrefflichen Teleskopes, mit welchem er seine früheren Beobachtungen in Rom angestellt und das

er mit nach Amerika hinübergebracht hatte. Denn nur auf diese Weise konnte er bei Beobachtungen von so delicater Art, als jene über das farbige Licht der Gestirne sind, von sich selber jeden Zweifel und Andern gegenüber jede Einwendung fern halten. Es war ihm, dem geübten practischen Astronomen, nämlich nichts weniger als unbekannt, dafs verschiedene Teleskope, zumal Reflectoren, die verschiedenen Farbennüancen nicht mit gleicher Leichtigkeit wieder erkennen lassen. Auch führt er andererseits selber Beispiele von zu Rom und in England gemachten Beobachtungen an, aus denen der Einflufs der atmosphärischen Zustände auf die Beobachtungen nur zu deutlich erhellt. Es mufs also wohl angenommen werden, dafs er auch diesem Umstande gehörige Rechnung werde getragen haben.

Wohl bekannt ferner mit dem nachtheiligen Einflufs, welchen vorgefafste Meinungen auf die Richtigkeit und Verläfslichkeit menschlicher Urtheile, insbesondere bei Beobachtungen so häkliger Natur ausüben, hatte Hr. Sestini, wie er berichtet, absichtlich seine früheren Aufzeichnungen fern gehalten, ja jede Erinnerung an dieselben aus seinem Gedächtnisse verbannt, und nahm sie erst wieder vor, als er die beabsichtigte Revision gänzlich vollendet hatte. Man sieht also wohl, dafs seine Angaben volles Vertrauen verdienen, da er mit so vieler Vorsicht und Umsicht hierbei zu Werke ging.

Eine Vergleichung seiner neuen Beobachtungen mit den früheren ergaben nun nachfolgende, meines Erachtens höchst beachtenswerthe Resultate.

1. Die Vergleichung der amerikanischen mit den früheren zu Rom gemachten Beobachtungen, in sofern sich diese, was hier ausdrücklich hervorgehoben werden mufs, auf die bisjetzt als Einzelnsterne geltenden Fixsterne beziehen, zeigt in Bezug auf ihre Farbe eine höchst bemerkenswerthe, ja überraschende Uebereinstimmung, eine so grofse, dafs sie selbst Hrn. Sestini's Erwartung noch weit übertraf. Es berechtigt ohne Zweifel dieser Umstand

zunächst zu der Annahme, dafs der Zustand der Atmosphäre zu Georgetown und Rom in optischer Beziehung glücklicherweise als durchaus gleichartig erachtet werden darf, sodann aber auch zu der, dafs Fleifs und Geschicklichkeit bei der früheren und der neueren Aufzeichnung sich das Gleichgewicht gehalten haben müssen. Hr. Sestini bemerkt in ersterer Beziehung noch überdiefs, dafs er auch bei seinen anderen häufigen Beobachtungen an den Planeten, den Monden und dem Ringe des Saturns hier wie dort keinerlei hierhergehörige Verschiedenheiten wahrgenommen habe. Sollten sich defsungeachtet bei anderen als diesen Einzelnsternen, wie etwa bei den Doppelsternen, oder selbst auch bei einigen wenigen der ersteren, ganz unzweifelhafte Farbedifferenzen herausstellen, so könnten diese weder auf Rechnung des Teleskopes, noch auf Rechnung der Atmosphäre, noch endlich auf jene des Beobachters selber gesetzt werden, welcher letztere hier wie dort der nämliche, sich auch derselben geistigen und physischen Unbefangenheit und Constitution zu erfreuen hatte. Es müfste vielmehr angenommen werden, dafs die Ursache hiervon nur eine objective in jenen Gestirnen selber liegende seyn könne.

2. Bei der so grofsen Anzahl von beobachteten Einzelnsternen, die sich, zu Rom wie in Georgetown, genau mit denselben und zwar ganz und gar unveränderten Farben zeigten, fällt es auf, dafs eben nur fünf davon eine Ausnahme machen. Wären die betreffenden Farbendifferenzen nur ganz unbedeutender oder gar zweifelhafter Art, so könnten sie wohl als verzeihliche Beobachtungsfehler hingenommen werden; allein diefs ist keineswegs der Fall. Es mufs vielmehr gesagt werden, dafs diese Farbendifferenzen durchaus sehr bedeutende sind, und unter diesen sogar Aenderungen im entgegengesetzten Sinne vorkommen, in der Weise, dafs z. B. ein Stern (*), der in Rom lichtgelb erschien, zu Georgetown tief orange gesehen wurde, während hinwieder ein zweiter (**) seine tief orange Farbe bereits zur Zeit der Beobachtung in Geor-

getown in lichtgelb verändert hatte. Ebenso wurde ein zu Rom weifs erblickter Stern zu Georgetown orange, und ein purpurblauer am letzteren Orte weifs gesehen.

Läfst eine solche Erscheinung unter den vorliegenden Umständen wohl füglich einen anderen als rein objectiven Erklärungsgrund zu? Die erwähnten fünf Sterne mit ihren Farbeänderungen sind nun folgende:

Name.	Beobachtung zu Rom.	Beobacht. zu Georgetown.
(*) Sagittar. χ	*deep orange*, tief orange	*light yellow*, lichtgelb
Aquilae n.	*deep orange*, tief orange	*yellow*, gelb
(**) Serpent. χ	*light yellow*, lichtgelb	*deep orange*, tieforange
Pegasi θ	*white*, weifs	*orange*, orange
Pegasi γ	*purplish blue*, purpurblau	*white*, weifs

3. Das Interesse an den eben erwähnten Beobachtungsdaten steigert sich jedoch noch um ein Bedeutendes, wenn man aus Hrn. Sestini's brieflicher und öffentlicher Mittheilung vernimmt, dafs, — im auffallenden Gegensatze zu den eigentlichen Fixsternen, — die Farbe des Lichtes der meisten Doppelsterne sich selbst schon nach Verlauf von nur so wenigen Jahren ganz unzweifelhaft geändert habe. Hr. Sestini versichert nämlich zu wiederholten Malen, dafs er dasselbe nur selten ganz ungeändert gefunden habe. Es darf nicht auffallen, dafs diese Behauptung in dieser Ausdehnung wenigstens (denn von einzelnen Sternen ist diefs bereits bekannt) bisher noch von keinem anderen Astronomen ausgesprochen wurde, da ja bekanntlich auch von Niemandem bisher der gestirnte Himmel mit gleich emsiger Beharrlichkeit und zwar in der in Rede stehenden Absicht, wie von Hrn. Sestini, durchforscht wurde. Von den Doppelsternen aber ist es denn doch gewifs, dafs sie sich alle mit mehr oder weniger, die meisten sogar mit sehr grofsen Geschwindigkeiten im Weltraume bewegen.

Indem ich es für meine Pflicht hielt, das wissenschaftliche Publicum von diesen Resultaten der neuesten Beobachtungen und von den mit Wahrscheinlichkeit daraus sich

ergebenden Consequenzen in Kenntnifs zu setzen, lebe ich mehr als je der Ueberzeugung, dafs der Farbenschmuck, welchen das beobachtende Auge an den Doppelsternen und einigen anderen Gestirnen des Himmels bewundert, uns einstens wohl zu mehr als zu einer blofsen Augenweide, dafs er uns in einer, wenn auch vielleicht fernen Zukunft, dazu dienen werde, die Elemente der Bahnen von Himmelskörpern zu bestimmen, deren unermefsliche Entfernungen von uns nur noch die Anwendung optischer Hülfsmittel gestatten dürften.

Da es dem Leser vielleicht angenehm seyn könnte, die über diesen Gegenstand mir bisher bekannt gewordene Literatur kennen zu lernen, so möge sie hier eine Stelle finden.

1. Ueber das farbige Licht der Doppelsterne. Prag bei Borrosch und André 1842.
2. Beleuchtung und Widerlegung der von Dr. Mädler in Dorpat gegen meine Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne erhobenen Bedenken, in den österreichischen Blättern für Literatur und Kunst von Schmidl.
3. Bemerkungen zu meiner Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne mit vorzüglicher Rücksicht auf die von Dr. Ballot zu Utrecht dagegen erhobene Bedenken, in Poggend. Annalen Bd. 68, S. 1.
4. Einige Mittheilungen und Bemerkungen meine Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne betreffend. Sitzungsberichte der kais. Academie. Juliheft 1850, S. 154, auch in Poggend. Annalen 1850.
5. Ueber den Einflufs der Bewegung auf die Intensität der Töne etc., in dem Sitzungsberichte der kais. Academie im Juniheft 1851 und in Poggend. Ann. 1851.
6. Ueber Doppler's Erklärung des farbigen Lichtes der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne von Carl Kreil, im astronomisch-meteorologischen Jahrbuche für Prag 1844.
7. Akustische Versuche auf der Eisenbahn zwischen Utrecht und Marsen, nebst Anmerkungen zur Theorie des Hrn. Prof. Doppler von Dr. Ballot zu Utrecht in Poggend. Annalen Bd. 66, S. 321. 1845.
8. *De Synaphia et Prosaphia. Traject. ad Rhen. de Dr. Ballot.* 1844.
9. Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie des Prof. Doppler über das farbige Licht der Doppelsterne etc. von Dr. Bernhard Bolzano in Poggend. Annalen Bd. 60, S. 83. 1843.

10. *Repertoire d'optique moderne. Paris* 1850 *par M. Moigno.*
11. *Memoria sopra i colori delle stelle del catalogo de Baily osservati dal P. Benedetto Sestini. Roma* 1847.
12. *Memoria seconda intorno ai colori delle stelle del catalogo di Baily osservati dal P. Benedetto Sestini. Roma* 1847.
13. Astronomical Journal von Dr. Gould, herausgegeben in Cambridge, 11. und 12. Heft 1850, von Prof. Benedetto Sestini.

V. *Ueber die Refraction des Schalles; von Carl Sondhaufs.*

Schon seit mehreren Jahren beschäftigt mich der Gedanke, dafs in der Luft sich ausbreitende Schallwellen beim Uebergange in ein anderes Medium, in welchem sie eine andere Fortpflanzungsgeschwindigkeit haben, eine ähnliche Gestaltsveränderung erleiden müfsten, wie die in ein anderes Medium übergehenden Lichtwellen, oder dafs die Schallstrahlen, welche gegen die Gränzfläche der beiden Medien schief gerichtet sind, ebenso zum oder vom Einfallslothe gebrochen werden müfsten, wie die Lichtstrahlen. Es kam mir, um hierüber zu einem Resultate zu gelangen, darauf an, einen linsenförmigen Körper von solcher Beschaffenheit zu construiren, dafs er die auf ihn treffenden Schallstrahlen leicht aufnähme und fortpflanzte und durch Refraction nach einem Punkte hin concentrirte, wo also der Schall deutlicher wahrzunehmen seyn müfste, wie in dem Brennpunkte eines concaven Schallspiegels. Da eine Linse aus fester Substanz mir nicht geeignet schien, so kam ich auf den Gedanken, eine linsenförmige Blase aus einem dünnen Häutchen anzufertigen, welche mit einem Gase von gröfserer Dichtigkeit als Luft, z. B. mit Kohlensäure, gefüllt eine convexe Schalllinse liefern sollte.

Zu dem ersten Versuche benutzte ich einen ziemlich kugelförmigen Luftballon aus Goldschlägerhaut von unge-

fähr einen Fuſs Durchmesser. Nachdem ich denselben mit Kohlensäure gefüllt und frei aufgehangen hatte, befestigte ich in einer Entfernung von etwa einem Fuſs von demselben an einem Stativ eine schwach tickende Taschenuhr und horchte auf der entgegengesetzten Seite des Ballons in der Richtung der Axe auf das Ticken der Uhr. So oft ich den Versuch auch anstellte, glaubte ich das Ticken der Uhr hinter dem Ballon bis in die Entfernung von mehreren Fuſs in der Axe deutlicher zu vernehmen als seitwärts in gleicher oder geringerer Entfernung, doch schien mir der Unterschied noch nicht bedeutend genug, um den Versuch als einen Beweis für die Refraction des Schalls betrachten zu können und seine Bekanntmachung zu wagen. Ich strebte nun zunächst darnach, statt der Kugel eine membranöse convexe Linse zu erhalten, und brachte endlich eine solche aus Postpapier zu Stande; doch erlangte ich mit derselben keinen Erfolg, wahrscheinlich, weil die beiden sphärischen Papierflächen noch zu steif waren, als daſs sie die durch das Ticken der Uhr erzeugten schwachen Schallwellen aufgenommen hätten.

Ich lieſs nun, anderweitig beschäftigt, diesen Versuch auf sich beruhen, bis es mir nach der Erfindung des Collodium durch die Gefälligkeit des Hrn. Apothekers Müller in Breslau, welcher in der Anfertigung von Collodium-Ballons eine ausgezeichnete Geschicklichkeit besitzt, möglich wurde, eine groſse Schalllinse zu construiren, welche zu dem beabsichtigten Versuche geeignet war. Hr. Müller fertigte dazu einen riesigen Collodium-Ballon an. Aus demselben wurden zwei Segmente ausgeschnitten und über die beiden offnen Seiten eines cylindrischen Blechreifs gebunden, so daſs der auf diese Weise erhaltene linsenförmige Körper, wenn er aufgeblasen ist, aus einem niedrigen Cylinder und zwei auf beiden Seiten angesetzten Kugelabschnitten besteht. Der Blechreif hat einen Durchmesser von $11\frac{1}{3}$ Pariser Zoll und eine Breite von $2\frac{1}{4}''$, und von den beiden Kugelsegmenten hat das eine eine Höhe von $2''\ 1''',5$ das andere von $2''\ 2''',5$.

Um diesen Apparat bequem aufstellen zu können, sind an zwei diametral entgegengesetzten Stellen des Blechreifs zwei Blechröhren stumpf angelöthet, welche als Axen dienen und auf den zwei Säulen eines hölzernen Gestelles ruhen, so dafs die Linse um eine horizontale Axe gedreht und defshalb leicht senkrecht oder horizontal eingestellt werden kann. Es kann die Linse durch Verlängerung oder Verkürzung der beiden hölzernen Säulen auch höher oder niedriger gestellt werden. In Fig. 10 Taf. I. ist die Linse mit dem Gestelle abgebildet. Bei *D* und *E* sind noch zwei offene Blechröhren an dem Blechreif gelöthet, welche zum Füllen der Linse dienen. Ich fülle dieselbe von unten, indem ich das Rohr *D* mittelst eines elastischen Rohrs mit dem Kohlensäure-Entwicklungsapparate verbinde, und die Luft durch die obere Oeffnung *E* austreten lasse. Ist die Linse vollständig aufgebläht und die Luft durch die Kohlensäure ausgetrieben, so wird nach der Ablösung des elastischen Rohrs zuerst die untere Oeffnung *D* mit einem gut schliefsenden Pfropfen geschlossen und darauf die obere Oeffnung *E* dicht verstopft.

Die Beobachtungen wurden, da mir kein ruhiger Ort im Freien zu Gebote stand, im Zimmer angestellt. Zuerst beobachtete ich die Schallwellen, welche durch das Ticken einer Taschenuhr erzeugt wurden. Die Uhr war in gleicher Höhe mit dem Mittelpunkte der senkrecht aufgestellten Linse in verschiedener Entfernung von derselben an einem besonderen Gestelle aufgehangen, so dafs die von ihr ausgehenden in der Luft sich ausbreitenden Schallwellen die der Uhr zugekehrte membranöse Fläche der Linse trafen und erschütterten, dadurch in die Kohlensäure fortgepflanzt wurden, die andere membranöse Fläche in Bewegung setzten und dann auf der anderen Seite wieder in die Luft übergingen. Es zeigte sich bei dem oft wiederholten Versuche, dafs das Ticken der Uhr jenseits der Linse in der Axe bis in eine von der Stellung der Uhr abhängige Entfernung deutlich zu hören war, während es aufserhalb der Axe in gleicher und auch geringerer Ent-

fernung weniger deutlich oder auch gar nicht vernommen wurde. Ich habe mich, weil bei solchen Versuchen ein subjectiver Irrthum leicht eintritt, nicht blofs auf mein eigenes Ohr verlassen, sondern den Versuch dem Urtheil Anderer unterworfen, welche alle die Richtigkeit der Erscheinung aufser Zweifel fanden, und ich kann mich auf das Zeugnifs zuverlässiger Beobachter wie Bunsen, Duflos, Frankenheim, Gebauer, Kirchhof, welche meinen Versuchen beizuwohnen die Güte hatten, berufen. Um zu einer sicheren Entscheidung zu gelangen, wurde der Versuch auch auf die Weise angestellt, dafs, während der Beobachter jenseits der Linse mit geschlossenen Augen safs und auf das Ticken der Uhr lauschte, die Linse abwechselnd entfernt und wieder an ihren Ort gebracht wurde. Hierbei zeigte sich, dafs das Ticken der Uhr jedesmal nach dem Entfernen der Linse verschwand und sogleich wieder hörbar wurde, wenn die Linse wieder zwischen Uhr und Ohr eingeschoben war. Auch wenn man die Hand vor die Uhr hielt, um die directen Schallwellen von der Linse abzuhalten, hörte der Beobachter das Ticken nicht, nahm dasselbe aber sogleich wieder wahr, wenn die Hand entfernt wurde.

Es wäre mir sehr interessant gewesen, die Vereinigungsweite der durch die Linse hindurchgegangenen und durch Brechung convergent gewordenen Schallstrahlen für verschiedene Entfernungen der als Schallquelle gebrauchten Uhr zu bestimmen. Zu dieser Beobachtung ist jedoch das Ohr nicht geeignet und ich habe mich fast nie sicher darüber entscheiden können, in welcher Entfernung von der Linse das Ticken der Uhr am stärksten war. Die mehr oder weniger gespannte Aufmerksamkeit oder die Ermüdung des Beobachters, der ungleichmäfsige Gang der Uhr und der Umstand, dafs in der Umgebung nicht immer dieselbe Ruhe herrscht, führen bei dieser Beobachtungsweise fortwährend zu Täuschungen. Ich erlaube mir daher für jetzt nur im Allgemeinen anzugeben, dafs die Stelle, wo das Ticken der Uhr am deutlichsten zu seyn schien, sich von der

Linse entfernte, wenn die Uhr derselben genähert wurde und umgekehrt, und füge blofs eine Beobachtungsreihe bei, in welcher ich zu bestimmen versuchte, bis in welche Entfernung hinter der Linse das Ticken noch vernommen werden konnte, wenn die Uhr in verschiedener Entfernung aufgehangen wurde.

Entfernung der Uhr vom Mittelpunkte der Linse.	Entfernung des Ohrs von dem Mittelpunkte der Linse.
8″	10′
1′	10′
1′ 3″	9′
1′ 6″	8′
2′	6′
2′ 9″	4′
3′	3′
3′ 6″	2′
4′	2′
5′	2′.

Bei den beiden letzten Beobachtungen war die Schalllinse durch Entweichen von Kohlensäure etwas schlaff geworden und wurde durch Einblasen von Luft wieder vollständig aufgebläht. Daher ist die Brechung hier schwächer als bei den vorhergehenden Beobachtungen. Ich bemerke noch, dafs, wenn die Uhr der Linse nahe gerückt war, so dafs ihre Entfernung etwa nur 1 bis 2 Fufs betrug, das Ticken der Uhr auch unmittelbar hinter der Linse und von da ab in der Richtung der Axe überall bis zu der angegebenen Entfernung vernehmlich war. Wurde dagegen die Uhr weiter, etwa 4 bis 5 Fufs von der Linse entfernt, so konnte ich unmittelbar an der Linse das Ticken nicht wahrnehmen, hörte dasselbe jedoch deutlich, wenn ich das Ohr 1 bis 2 Fufs von der Linse entfernte. Am stärksten vernahm ich in den vier letzten Beobachtungen das Ticken, wenn sich das Ohr in einer Entfernung von 1′ 3″ von dem Mittelpunkte der Linse befand.

Die Vereinigungsweite meiner mit Kohlensäure gefüllten Collodiumlinse für sie treffende parallele Schallstrahlen

oder ihre Brennweite liefs sich aus dem oben angegebenen Grunde noch nicht genau ermitteln; doch dürfte dieselbe nach den bis jetzt angestellten Versuchen nicht viel über einen Fufs betragen. Hiernach müfste der Brechungsexponent für den Schall beim Uebergange desselben aus atmosphärischer Luft in Kohlensäure etwas gröfser seyn als das Verhältnifs der Geschwindigkeit des Schalls in diesen beiden Medien. Nimmt man nämlich nach den Versuchen von Dulong die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft gleich 333 Meter, in Kohlensäure gleich 261,6 Meter an und betrachtet das Verhältnifs derselben $n = 1,272$ als den Brechungsexponenten der Kohlensäurelinse, so ergiebt sich, da die beiden sphärischen Collodium-Häutchen einen Radius von ungefähr 8″,5 haben, nach der bekannten für die Brennweite von Glaslinsen gültigen Formel:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)$$

für die Vereinigungsweite der durch meine Schalllinse gebrochenen parallelen Schallstrahlen

$$f = 15'',6,$$

welcher Werth zu grofs ist. Nimmt man aber das Brechungsverhältnifs $n = \frac{4}{3}$ oder 1,333 an, so ergiebt sich

$$f = 12'',7,$$

welcher Werth mit den Versuchen übereinstimmt.

Ich erlaube mir schliefslich noch ein Paar andere Versuche zu erwähnen, welche ich mit der Schalllinse angestellt habe. Auch Worte und ganze Sätze, welche von einer auf der einen Seite der Linse stehenden Person nach der Linse hin leise gesprochen werden, werden auf der andern Seite von einem zweiten Beobachter, welcher sein Ohr in zweckmäfsiger Entfernung in der Axe hält, deutlich verstanden, so dafs zwischen diesen beiden Personen eine Unterhaltung geführt werden kann, welche von den Umstehenden wenig oder gar nicht verstanden wird. Ich habe ferner auch Versuche mit intensiveren Schallwellen angestellt, welche ebenfalls durch die Linse gebrochen und convergent gemacht werden. Es wurde an die Stelle der

Uhr eine kleine Orgelpfeife gebracht, angeblasen und ihr Ton hinter der Linse beobachtet. Obgleich die an den Wänden des Zimmers sich reflectirenden Schallwellen, welche das Ohr des Beobachters ebenfalls treffen, bei diesem Versuche störend einwirkten, so zeigte sich doch entschieden, dafs der Ton der Pfeife hinter der Linse viel stärker war. Das Ohr des Beobachters empfand jedesmal, wenn es in die Axe gebracht wurde, einen förmlichen Stofs. Der Ton der Pfeife erleidet übrigens beim Hindurchgange durch die Linse in Beziehung auf Höhe und Charakter eine kleine Aenderung.

Späterer Zusatz.

In Beziehung auf diese Versuche über die Refraction des Schalles erlaube ich mir noch mitzutheilen, dafs ich dieselbe nachträglich noch auf eine objective Weise, nämlich durch Erzittern einer zarten Membrane constatirt habe. Ich benutzte als Schallquelle eine Orgelpfeife und liefs die durch die Schalllinse gebrochenen und concentrirten Schallwellen an dem Orte ihrer Vereinigung auf das Blechrohr *abcde* wirken (Fig. 11. Taf. I.) Dieselben dringen in die erweiterte Oeffnung *cd* ein und erschüttern die über *ab* gebundene zarte Membran, wie aus der Bewegung an darauf gestreuten feinem Sande ersichtlich ist.

VI. *Ueber den Einflufs der Bewegung auf die Intensität des Schalles; von Dr. E. Segnitz.*

An die interessanten Untersuchngen über den Einflufs, welchen die Bewegung der Tonquelle oder des Beobachters auf die *Höhe* der Töne ausübt, hat Hr. Prof. Doppler vor einiger Zeit eine weitere Untersuchung über die Wirkung derselben Ursache in Bezug auf die *Intensität* der

der Töne geknüpft. Gegen die von ihm für diese Intensität aufgestellte Formel, nämlich

$$J = \frac{(v \pm b)^2}{L^2}$$

worin v die gröfste Geschwindigkeit des schwingenden Moleculs, b die Geschwindigkeit der Tonquelle, und L die Entfernung derselben vom Beobachter bezeichnen soll, ist schon von dem der Wissenschaft nur zu früh entrissenen Seebeck (d. J.) der Einwand erhoben worden, dafs hiernach selbst für $v = 0$ die Intensität J nicht verschwinden würde. Dieser Einwurf scheint in der That begründet, und ich mufs gestehen, dafs das, was Hr. Prof. Doppler in diesen Annalen (Bd. LXXXIV., S. 262 u. f.) zur Vertheidigung seiner Formel anführt, nicht im Stande gewesen ist, mich eines Anderen zu überzeugen. Ich glaube vielmehr, dafs der Gegenstand in der nachstehenden Weise zu erklären ist.

Ich unterscheide zunächst folgende drei einfache Fälle, aus deren Combinationen sich dann leicht alle überhaupt vorkommenden Fälle ergeben, nämlich:

1) Die Tonquelle ist in Bewegung, der Beobachter und die Luft in Ruhe;

2) Der Beobachter bewegt sich, die Tonquelle und Luft ruhen; und

3) Tonquelle und Beobachter behalten ihren Ort unverändert bei, aber das Medium der Luft ist in einer horizontalen Strömung von bekannter Richtung und Geschwindigkeit begriffen.

Hr. Professor Doppler führt selbst die Verstärkung und Schwächung des Schalles durch den Wind als eine bekannte Thatsache zur Bestätigung für seine Behauptung an; wir wollen daher mit dem letzteren Falle beginnen.

Es sey A der Ort der ruhenden — d. h. der nur in schwingender, aber nicht in fortschreitender Bewegung begriffenen — Schallquelle, und B der Ort, an welchem sich der Beobachter befindet. Wenn nun der Mittelpunkt der in A erregten Schallwelle, ehe sie das Ohr des Beobach-

ters in B erreicht, in Folge der angenommenen Luftströmung bis C fortgerückt ist, so haben wir ein Dreieck ABC, in welchem die Seite $AB = c$, d. d. die Entfernung des Beobachters von der Schallquelle, sowie der Winkel A als bekannt vorausgesetzt werden; von den Seiten $AC = b$ und $BC = a$ wissen wir dagegen, dafs sie sich wie die Geschwindigkeit des Windes zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles verhalten; dieses Verhältnifs wollen wir durch u bezeichnen. Nehmen wir endlich an, dafs die Intensität des Schalles unter übrigens gleichen Umständen der zweiten Potenz von dem Radius der Schallwelle umgekehrt proportional ist, und nennen die Intensität des Tones oder Schalles bei ruhender Luft i und die bei bewegter Luft J, so haben wir zur Lösung unserer Aufgabe die drei Bedingungsgleichungen:

$$\text{I.} \quad a^2 = b^2 + c^2 - 2bc.\cos A$$

$$\text{II.} \quad b = u.a$$

$$\text{III.} \quad J = \frac{c^2}{a^2}.i$$

woraus sich

$$J = \left(\frac{1-u^2}{\sqrt{1-u^2+u^2.\cos^2 A} - u\cos A}\right)^2.i$$

ergiebt. Einfacher gestaltet sich die Formel in gewissen speciellen Fällen. Ist nämlich $A = 0$ d. i. weht der Wind von der Schallquelle direct dem Beobachter zu, so hat man $\cos A = +1$, folglich:

$$J = \left(\frac{1-u^2}{1-u}\right)^2.i = (1+u)^2.i.$$

Ist der Winkel $A = \pi$ d. i. weht der Wind in genau entgegengesetzter Richtung, so wird $\cos A = -1$ und

$$J_{,} = \left(\frac{1-u^2}{1+u}\right)^2.i = (1-u)^2.i.$$

Für $A = \frac{1}{2}\pi$ wird $\cos A = 0$, also:

$$J_{,,} = \left(\frac{1-u^2}{\sqrt{1-u^2}}\right)^2.i = (1-u^2)i.$$

Für $\cos A = \frac{1}{2}u$ endlich erhält man:

$$J_{\prime\prime\prime} = \left(\frac{1-u^2}{\sqrt{1-u^2+\frac{1}{4}u^4}-\frac{1}{2}u^2}\right)^2 . i = i.$$

Die Bewegung des Beobachters wird nach dieser Anschauungsweise gar keinen Einfluſs auf die Intensität des Schalles haben; sondern derselbe wird letzteren gerade so stark oder schwach hören, als es seiner augenblicklichen Entfernung von dem Mittelpunkte der Schallwelle entspricht, welcher Mittelpunkt bei ruhender Luft und Tonquelle natürlich mit dem Ort der letzteren zusammenfällt. Die Bewegung der Tonquelle wird aber allerdings nicht ohne Einfluſs auf die Intensität des Schalles bleiben. Nehmen wir an, die Tonquelle habe sich, ehe die in C erregte Schallwelle das Ohr des Beobachters in B erreicht, von C nach A mit einer Geschwindigkeit bewegt, deren Verhältniſs zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles gleich u sey, und nennen wir die der Entfernung $AB = c$ entsprechende Intensität des Schalles i, die wirklich gehörte Intensität aber J, so wird die oben gefundene Formel auch für diesen Fall passen. Eine Bewegung der Tonquelle und der Luft von gleicher Geschwindigkeit, aber entgegengesetzten Richtungen bringen also in Bezug auf die vorliegende Frage gleiche Wirkungen hervor.

Sind ferner sowohl die Tonquelle als auch die Luft in Bewegung, der Beobachter aber in Ruhe, so haben wir uns zuvörderst den Mittelpunkt der Schallwelle sich gleichschnell wie die Tonquelle, aber in entgegengesetzter Richtung bewegend zu denken. Dazu kommt noch die Bewegung der Luftströmung und die Resultirende beider ist dann die Seite b unseres Dreiecks ABC. Bezeichnen wir das Verhältniſs dieser Seite b zu dem in derselben Zeiteinheit zurückgelegten Wege des Schalles durch u, sowie den von der Resultirenden b mit der Linie $AB = c$, welche den Beobachter mit dem augenblicklichen Ort der Schallquelle verbindet, eingeschlossenen Winkel durch A, und die der Entfernung c entsprechende Intensität durch i, so

wird die wirklich gehörte Intensität auch hier wieder durch die Formel

$$J = \left(\frac{1 - u^2}{\sqrt{1 - u^2 + u^2 . \cos^2 A} - u . \cos A} \right)^2 . i$$

ausgedrückt. Da endlich, wie gesagt, die Bewegung des Beobachters ohne Einflufs ist, so findet hiermit der allgemeinste Fall, wo nämlich sowohl die Tonquelle als auch der Beobachter und die Luft in Bewegung begriffen sind, ebenfalls seine Lösung.

VII. *Untersuchungen über thermo-elektrische Ströme; von Rudolph Franz.*

Bevor ich zu den Resultaten meiner weiteren Untersuchungen über thermo-elektrische Ströme übergehe, mufs ich auf zwei Punkte meiner letzten Arbeit [1]) über denselben Gegenstand noch einmal zurückkommen.

Ein regelmäfsiger Wismuthkrystall zeigte bei der Erwärmung der einen Kante, die gegen die Ebene der Spaltungsrichtung des Krystalls schiefwinklich geneigt ist, einen Strom, der positiv oder negativ war, je nachdem man die eine Kante oder die gegenüberstehende erwärmte; abhängig also von der Neigung der Hauptspaltungsebene gegen die erwärmte Stelle des Krystalls; bei Erwärmung der beiden anderen Kanten, gegen die die Hauptspaltungsebene annähernd senkrecht steht, fand kein Strom statt. Die Ströme müssen sich also vollkommen aufheben, wenn der Krystall an allen vier Kanten gleichmäfsig erwärmt wird. Um diese gleichmäfsige Erwärmung zu bewirken, verband ich die dicken Kupferdrähte eines Grove'schen Elements mit einem feinen Draht, der durch den Strom zum schwachen Glühen gebracht wurde, und legte diesen Draht um einen mit ei-

1) Ann. Bd. 83, 374.

nem Seidenband einfach umwickelten Wismuthkrystall. Bei Schliefsung des Grove'schen Elements zeigte sich, bei grofser Unruhe der Nadeln, und kleinen schnellen Schwankungen um den Nullpunkt, kein Strom von entschiedener Richtung; sobald aber der feine Draht von der einen Kante des Wismuthkrystalls ein wenig gehoben wurde, schlugen die Nadeln des Multiplicators nach der einen oder der anderen Seite um 40 bis 60 Grad aus, und zwar jedesmal nach der Richtung hin, die die gegenüberliegende, also stärker erwärmte, Kante den früheren Untersuchungen nach bedingte.

Der zweite Punkt, auf den ich zurückkommen mufs, betrifft die auf S. 383 angegebene Spannungsreihe. Der Bleiwürfel nahm bei einigen Wochen später angestellten Versuchen die Stellung zwischen Zinn und Kupfer ein. Ich suchte den Grund in der starken Oxydschicht, die sich beim Blei, wegen der häufigen Erwärmung und Berührung um so leichter, bildete, aber später untersuchte Würfel von reinem Blei, die gleich nachdem sie geschnitten waren demselben Experimente unterworfen wurden, nahmen ihre Stellung, ehe eine Spur von Oxyd zu bemerken war, sogleich zwischen Zinn und Kupfer, so dafs der Grund der anfänglich falschen Stellung des Bleis wohl nur in der Unreinheit des zu jenem ersten Würfel genommenen Metalls, und somit in der Bildung fremder Oxydschichten, die später verschwanden, zu suchen ist.

Die folgenden Untersuchungen sind den früheren analog angestellt, nur dafs der erwärmende Glasstab im Sandbade bis zu 200 bezüglich 300° C. über die Temperatur des Zimmers erwärmt wurde. Es ergab sich bis zu der Höhe der Erwärmung von 300° noch keine Veränderung in der Stellung der untersuchten Metalle für die thermo-elektrische Spannungsreihe, wohl aber in der Gröfse der Ströme.

Bei erhöhter Erwärmung nahm der Strom am bedeutendsten zu zwischen Neusilber und den übrigen Metallen. So betrug die Ablenkung der Nadeln:

zwischen Neusilber u. Zinn	bei 100°	Erwärmung	7°,2
	bei 200	»	12
	bei 300	»	17
zwischen Neusilber u. Kupfer	bei 100	»	8
	bei 200	»	13
	bei 300	»	16
zwischen Neusilber u. Eisen	bei 100	»	9
	bei 200	»	13
	bei 300	»	16.

Ebenso stieg der Strom zwischen Neusilber und Silber bis auf 16° Ablenkung. Bei den übrigen Metallen zeigten die Nadeln bei erhöhter Erwärmung eine unbedeutendere Vermehrung des Stroms; eine Abnahme desselben zeigte sich nirgends.

Die Gröfse des Stroms bei Erwärmung der Verbindungslinie zwischen Wismuth oder Antimon und irgend einem der untersuchten Metalle war mit der Erhöhung der Erwärmung stets im Wachsen begriffen, und zwar stellten sich als arithmetische Mittel von 16 Beobachtungen, von denen 8 bei aequatorialer Lage der Hauptspaltungsebene des Wismuthwürfels, 8 bei axialer Lage derselben angestellt wurden, folgende Zahlen für die Ablenkung der Multiplicatornadel heraus [1]):

In Berührung mit Wismuth:		In Berührung mit Antimon:	
Stahl	16°	Stahl	14°,8
Eisen	21 ,9	Eisen	17 ,2
Blei	23 ,8	Blei	18 ,25
Zink	29 ,4	Zink	20 ,1
Neusilber	41 ,5	Kupfer	22
Silber	41 ,8	Messing	26 ,3
Kupfer	46 ,7	Silber	31 ,4
Messing	48 ,8	Neusilber	37 ,6
Zinn	61 ,9	Zinn	38 ,1
		Wismuth	76 ,3.

1) Auch hier, wie bei den früheren Versuchen, war der Strom von Wismuth zu einem anderen Metall stets gröfser, wenn die Spaltungsebene des Wismuthwürfels sich in einer zur Richtung des Stroms aequatorialen Lage befand, als in der axialen; und umgekehrt war der Strom von einem anderen Metall zum Antimon stets geringer, wenn der Antimonwürfel mit seiner Hauptspaltungsebene zur Richtung des Stroms aequatorial, als wenn er axial gestellt wurde.

Wismuth mit Wismuth gab, bei senkrechter Stellung der Spaltungsrichtungen auf einander, einen Strom von 59°,5 Ablenkung; Antimon mit Antimon unter denselben Bedingungen 27°,2 Ablenkung.

Auch diese Reihen stimmen mit den bei 100° Erwärmung gefundenen überein, nur dafs wir dort für die Gröfse des Stroms in Verbindung mit Wismuth die Reihenfolge: Messing (29,5), Neusilber (30), Silber (31,7), Kupfer (32,5) gefunden hatten, eine Stellung, deren Verschiedenheit mit der obigen, bei dem geringen Stromunterschied, wohl nur Beobachtungsfehlern zuzuschreiben ist, besonders da für diese vier Metalle die folgende Reihe uns wieder eine andere Folge, aber auch nicht entschieden mafsgebende Zahlenverhältnisse giebt.

Bei Erwärmung des Glasstabes in dem Sandbade von 300° C. ergeben sich als Mittel aus 16 wie oben angestellten Beobachtungen folgende Ablenkungen:

In Berührung mit Wismuth:		In Berührung mit Antimon:	
Stahl	16°,5	Stahl	20°,25
Eisen	29 ,2	Eisen	24 ,57
Blei	30 ,2	Blei	25
Zink	41	Zink	25 ,8
Kupfer	49 ,1	Kupfer	30 ,25
Neusilber	49 ,5	Messing	35 ,5
Silber	52 ,5	Silber	40 ,7
Messing	53 ,6	Neusilber	48 ,5
Zinn	63 ,5	Zinn	52 ,9
		Wismuth	99 ,5.

Die beiden Wismuthwürfel gaben bei der günstigsten Stellung, also bei der axialen Lage des einen und der aequatorialen des anderen, einen Ausschlag von 84°, die Antimonwürfel unter derselben Bedingung 39°,8.

Bei allen diesen Beobachtungen wurde der erste Ausschlag der Nadeln aufgezeichnet.

Vergleichen wir nun diese Stromstärken für die verschieden hohen Grade der Erwärmung mit einander, so finden wir für die Erwärmung der Verbindungslinie zwischen

Wismuth und Antimon und irgend einem anderen Metall stets mit einer höheren Wärme eine Vermehrung des Stromes verbunden. Das anfangs schnellere Wachsen einzelner dieser Thermoströme (z. B. zwischen Wismuth und Stahl) scheint darauf hinzudeuten, dafs zwischen diesen Metallen nicht weit von der Erwärmung bis auf 300° ein Maximum der Stromstärke eintrete. Das Flüssigwerden des Wismuths gestattet leider nicht, mit derselben Genauigkeit die Versuche unter höherer Temperatur fortzusetzen. Am entferntesten, scheint es, sind wir vom Maximum des Stroms bei der Erwärmung auf 300° entfernt zwischen Wismuth und Silber, Wismuth, Antimon, Antimon und Zinn; während Wismuth und Kupfer, Wismuth und Zinn ihr Maximum in der Gegend von 300° haben müssen, da zwischen den letztgenannten beiden Metallen die Ablenkung der Nadeln bei Erhöhung der Temperatur um 100° nur um 2° zunimmt [1]).

Diejenigen Metalle, deren hochliegender Schmelzpunkt es gestattet, die Erwärmung weiter fortzusetzen, wurden unter der Löthrohrflamme untersucht. Die Verbindungslinie zweier zu untersuchenden Würfel wurde von der darüber hinstreichenden Flamme etwa eine Minute lang tangirt, und das während dieser Zeit drei- bis viermal erreichte Maximum des Ausschlags der Multiplicatornadeln aufgezeichnet. Es zeigte sich bis zu dieser Höhe der Erwärmung keine Spur von einer Umkehrung des Stromes. Die erhaltenen Maxima des Stromes waren bei den untersuchten Metallen, wenn die Richtung des positiven Stromes an der Berührungsstelle durch die Reihenfolge der Metalle ausgedrückt wird, folgende:

1) Ich habe die Höhe der Erwärmung des Sandbades hier immer als die der Berührungsstelle angegeben; ein geringer Theil der Wärme ist natürlich auf dem Wege des Glasstabes vom Sandbad zu dem Würfel verloren gegangen.

Neusilber	Messing	47°,7	Messing	Kupfer	14°,8
»	Kupfer	50 ,3	»	Silber	20 ,1
»	Silber	59 ,6	»	Stahl	32
»	Stahl	47 ,25	»	Eisen	36
»	Eisen	53			
Kupfer	Silber	6 ,7	Silber	Stahl	20 ,6
»	Stahl	25	»	Eisen	39 ,7
»	Eisen	34 ,4	Stahl	Eisen	18 ,8.

Diefs sind die arithmetischen Mittel aus 6 bis 9 wenig von einander abweichenden Beobachtungen. Zu bemerken ist noch, dafs die Würfel vor jedem Versuch vollständig von jeder Oxydschicht, die sich gebildet hatte, befreit wurden, und dafs für jeden folgenden Versuch die vollständige Abkühlung der zu untersuchenden Würfel abgewartet wurde.

Die Umkehrung des Thermostroms, die bei erhöhter Temperatur zuweilen beobachtet worden ist, hat ihren Grund daher nur (wie auch die meisten Beobachter diese Umkehrung vermutheten) in der Oxydschicht mit der sich die Metalle bei höherer Temperatur um so leichter überziehen. Man kann aber nicht ohne Weiteres sagen, dafs der Thermostrom bei Erwärmung der Verbindungslinie, etwa zwischen Kupfer und oxydirtem Eisen, stets von oxydirtem Eisen zum Kupfer gehe, sondern diese Umkehrung des Stromes findet nur unter bestimmten Bedingungen statt.

Es mögen hier zuerst einige Resultate folgen, die aus den angestellten Versuchen hervorgingen, ehe wir uns auf eine Erklärung der Umkehrung des Stromes einlassen.

Eisen zeigt in Berührung mit anderen Metallen am Auffallendsten diese Umkehrung. Reines Eisenoxyd, das in ein Glasröhrchen geprefst, mit hineingesteckten Drähten anderen Metalls in Berührung gebracht und dann einseitig erwärmt wurde, gab gar keinen Strom, weil die Leitungsfähigkeit des Oxyds zu gering ist; ebenso durfte nicht Draht mit starker Oxydschicht zu den Versuchen angewendet werden, denn auch diese hemmt, sobald sie nur

eine etwas bedeutende Dicke hat, den Strom vollkommen. Es wurden daher nur angelaufene, also mit einer dünnen Eisenoxyduloxydschicht bedeckte, Stahl- und Eisendrähte zu den Versuchen genommen.

Es ist schon früher von Anderen angegeben worden, dafs eine Umkehrung des Stromes namentlich bei Eisen und Kupfer bemerkbar sey. Der positive Strom geht nun allerdings vom oxydirten Eisen an der Berührungsstelle zum Kupfer für den Fall, dafs das Kupfer, ehe es mit dem Eisen in Berührung kommt, erwärmt wird. Wird hingegen das oxydirte Eisen vorher erwärmt, so bleibt der Strom in seiner alten Richtung vom Kupfer zum Eisen. Ebenso wie Kupfer verhalten sich Messing, Gold, Silber, Blei, Zinn, Zink, Platin, Neusilber. Der Strom bleibt aber stets vom Wismuth zum Eisen oder Eisenoxyd gerichtet, man mag das Eisen oder Wismuth zuerst erwärmen. Ebenso geht der positive Strom unter allen angegebenen verschiedenen Bedingungen stets vom Eisen zum Antimon. Nur waren die Ströme zwischen dem oxydirten Eisen und den letztgenannten zwei Metallen schwächer, als wenn das Eisen von seiner Oxydschicht befreit war.

Stahl zeigte genau dieselben Eigenthümlichkeiten wie Eisen. Die genannte Umkehrung des Stroms beginnt bei verschiedenen Metallen auch bei verschiedener Dicke der Oxyduloxydschicht. Das erwärmte Kupfer zeigt den Strom, wenn auch nur schwach, schon, wenn man es mit tiefgelb angelaufenem Stahl in Berührung bringt. Silber zeigt die Umkehrung erst bei blau, Neusilber bei tiefblau angelaufenem Stahl, Platin noch später, ebenso Zinn. Es bedarf nur der Erwärmung des Kupfers durch die Hand, um diese Umkehrung des Stroms sichtbar zu machen.

Zwischen Stahl und Eisen, Stahl und Stahl, Eisen und Eisen geht der Strom stets an der Berührungsstelle zu dem wärmeren Metall, wenn dasselbe oxydirt ist; ist es nicht oxydirt, so verhalten sich die Ströme wie sie früher angegeben sind, nämlich: Stahl zu Eisen. Zwischen den verschiedenen Stahlarten unter einander, die benutzt wurden,

zeigte sich, wie auch bei den Eisenarten, im nicht oxydirten Zustande eine große Mannigfaltigkeit der Stromrichtung. Hierüber siehe die Abhandlung von **Magnus** über thermo-elektrische Ströme in d. Ann. Bd. 83, S. 469.

Um die durch die Oxydschicht bewirkte Umkehrung des Stroms, in den Fällen wo sie stattfindet, zu erklären, bedarf es nur einer einfachen Annahme. Denken wir uns nämlich das Eisenoxyduloxyd, das den angelaufenen Stahl- und Eisendraht überzieht, als einen Körper, der in der thermo-elektrischen Spannungsreihe gleich auf Wismuth folgt, so muſs natürlicherweise in jedem erwärmten angelaufenen Eisendraht ein Strom entstehen, der vom Eisenoxyduloxyd zum Eisen geht. Der mit dem angelaufenen warmen Eisendraht in Berührung gebrachte Kupferdraht ist nun nur der Leiter dieses genannten Stroms; der an der Berührungsstelle von Eisenoxyduloxyd und Kupfer erregte Strom ist zwar entgegengesetzt gerichtet, wegen der Kleinheit der Berührungsfläche zwischen Kupfer- und Eisendraht, aber zu gering, um den an der ganzen Oberfläche des Eisendrahts erzeugten aufzuheben. Wird hingegen der Kupferdraht (oder Draht von irgend einem anderen der oben genannten Metalle) erwärmt, und dem kalten angelaufenen Eisen genähert, so überwiegt der zwischen Eisenoxyduloxyd und Kupfer erregte Thermostrom, denn nur ein, im Vergleich zum vorigen Versuch, geringer Theil der Berührungsfläche zwischen Eisenoxyduloxyd und Kupfer wird erwärmt. Es erscheint also der Ausschlag der Nadeln am Multiplicator als eine resultirende Wirkung von zwei einander entgegengesetzten Strömen; das Resultat ist im letzten Falle ein scheinbar vom Eisen zum Kupfer gerichteter Strom.

Die Eisenoxyduloxydschicht muſs aber eine gewisse Dicke haben, um diesen Strom erzeugen zu können; ist sie so dünn, wie an den gelbangelaufenen Stellen, so erregt sie diesen Strom nicht, oder doch nur einen so geringen, daſs die beiden von ihr mit Eisen und dem sie berührenden andern Metall erzeugten Ströme sich aufheben.

Die Erscheinungen zwischen zwei Eisendrähten, deren einer angelaufen ist, erklären sich aus der gemachten Annahme ebenso leicht: wir sahen den Strom stets zu dem warmen angelaufenen Draht gerichtet, d. h. es wurde der in dem angelaufenen warmen Draht erzeugte Strom sichtbar, und der genäherte kalte Draht bildete nun den Leiter dieses Stroms.

Auf die von Magnus in der oben genannten Abhandlung §. 22 erwähnte Weise läfst sich dieser Strom vom Oxyd zum Eisen nicht sichtbar machen, weil die Oxydschicht selbst einen zu schlechten Leiter für den Strom bildet. Ich erhielt dadurch, dafs ich einen bis zur Mitte oxydirten Eisendraht, dessen beide Enden mit den Drähten des Multiplicators verbunden waren, in der Mitte erwärmte, gar keinen Strom.

Bedeutend schwächer, als zwischen Eisen und der genannten Metallen, findet auch eine Umkehrung des Stromes statt, wenn man angelaufenen erwärmten Kupferdraht mit Zinn in Berührung bringt. Der positive Strom geht dann an der Berührungsstelle beider Metalle anscheinend vom Kupfer zum Zinn. Soll diese Umkehrung des gewöhnlichen Stroms auf ähnliche Weise erklärt werden, wie beim Eisen, so ist man genöthigt, die Stromesrichtung vom Kupfer zum Kupferoxyd anzunehmen. In der That zeigt angelaufener warmer Kupferdraht stets einen scheinbar zu dem ihn berührenden kalten Draht desselben Metalls gerichteten Strom. Dieser Strom ist unabhängig von der Härte der beiden Drähte, also ein anderer, als die von Magnus in der erwähnten Abhandlung beobachteten und erklärten Ströme. In Berührung mit kaltem Messingdraht zeigte sich der genannte Strom ebenfalls, wurde aber von dem entgegengesetzten, vom Messing zum Kupferoxyd gehenden schon sehr geschwächt; vom kalten Neusilberdraht berührt, brachte der erwärmte oxydirte Kupferdraht zuerst eine Ablenkung der Multiplicatornadeln von 5° nach der entgegengesetzten Seite hervor, dann überwog sogleich der vom Kupferoxyd zum Neusilber gerichtete Strom.

Die in der Spannungsreihe auf Kupfer folgenden Metalle hätten nur eine Umkehrung des Stromes zeigen können, wenn sie erwärmt dem oxydirten Kupferdraht genähert wurden; der Strom blieb aber stets in der früher beobachteten Richtung, woraus folgt, dafs Kupferoxyd in der Spannungsreihe seine Stellung zwischen Kupfer und Silber haben mufs.

Eine ähnliche Erscheinung wie beim Kupfer zeigte sich beim Kadmium, und ich bin geneigt, die von Henrici[1]) gemachte Beobachtung, dafs zwei Kadmiumdrähte während Erhöhung der Temperatur ihrer Verbindungsstelle die Stromrichtung ändern, nur der Bildung einer feinen Oxydschicht zuzuschreiben; wenigstens fand, als ich den Versuch von Henrici wiederholen wollte, die Umkehrung des Stroms zugleich statt mit der Bildung einer Oxydschicht an einem der beiden sich berührenden Kadmiumdrähte. Eine dreimalige Umkehrung des Stroms, wie sie Henrici beschreibt, habe ich nicht beobachten können. Der Grund des ursprünglichen Stroms liegt offenbar in dem krystallinischen Gefüge des Metalls.

VIII. *Ueber den Einflufs der Helligkeit einer weifsen Beleuchtung auf die relative Intensität verschiedener Farben; von H. W. Dove.*

(Aus den Berichten der Academie, Februar 1852.)

Dafs Gelb und Roth dem Lichte näher stehen, Blau dem Dunkel, ist eine Grundanschauung, die sich durch die Farbenvorstellungen des Alterthums hindurchzieht, die sich auch in unserer Sprache durch die Bezeichnung brennendes Roth, schreiendes Gelb im Gegensatz zu tiefem Blau geltend macht. Photometrische Versuche bestätigen diefs,

1) Diese Ann. Bd. 83, S. 173.

denn um auf einem Farbenkreisel ein in der Mitte stehendes Violett oder Grün zu erhalten, mufs man den rothen oder gelben Ausschnitt nach Plateau's Versuchen viermal schmaler machen als den blauen. Einen noch überzeugendern Beweis erhält man, wenn man die von Fechner schwarz auf weifs aufgetragene Spirale in den beiden Farben ausführt, deren Mischung man prüfen will. Sucht man bei der Rotation die Stelle auf, wo in dem allmäligen Uebergang von Roth durch Violett zu Blau, oder von Blau durch Grün zu Gelb die beiden zusammenwirkenden Farben einander genau das Gleichgewicht halten, so findet man diese Stelle nie in der Mitte des Halbmessers der Scheibe, sondern stets nach der Seite des Blauen hin.

Mit diesen bekannten Erscheinungen steht eine andere scheinbar in vollkommenem Widerspruch, von der ich mich nur erinnere, dafs sie indirect in der Optik zur Sprache gekommen ist. Es ist mir oft aufgefallen, dafs wenn ich bei einbrechender Dunkelheit eine Gemäldegallerie verliefs, und einen letzten flüchtigen Blick auf die Bilder warf, rothe Gewänder mir schon vollkommen verdunkelt erschienen, während ein blaues noch in voller Kraft der Farbe hervortrat. Ausübenden Künstlern ist in ihren Ateliers die Erscheinung vollkommen bekannt, ich habe wenigstens bei Befragen derselben stets diese Beobachtung bestätigen hören. Es schien mir wünschenswerth, zunächst die Thatsache an homogenen Farben zu prüfen, um sie unabhängig von der Unbestimmtheit zu machen, welche stets bei chromatischen Versuchen mit Pigmenten obwaltet.

In den im vorigen Jahre der Academie vorgelegten Versuchen habe ich die merkwürdige Erscheinung beschrieben, dafs wenn man vor das rechte Auge ein farbiges Glas hält, vor das linke ein anderfarbiges, und nun im Stereoskop die für das rechte und für das linke Auge entworfene Projection eines Körpers mit weifsen Linien auf schwarzem Grund ausgeführt beobachtet, das Relief in der Mischungsfarbe erscheint, während alle Kanten aus getrennten einander der Länge nach berührenden farbigen

Linien bestehen. Bei der Anwendung eines Glases, welches die blauen homogenen Strahlen durchläfst, und eines anderen, welches dasselbe für die rothen thut, ist die Erscheinung am schönsten. Das von mir angewendete blaue Glas macht bei hellem Tage den Eindruck eines viel dunklern, da es das rothe um mehr als das zehnfache an Dicke übertrifft. Bei zunehmender Dämmerung verschwinden aber die rothen Kanten immer mehr, zuletzt sind sie kaum noch sichtbar, doch noch soweit mitwirkend, dafs das Relief erscheint. Endlich aber verschwinden sie vollständig, so dafs man statt des Reliefs nur die in blauen Linien ausgeführte Projection sieht, welche der Ansicht des Auges entspricht, welches durch das blaue Glas sieht. Legt man nun zwei rothe Gläser vor die Oeffnung des Stereoskops, so sieht man gar nichts, während bei zwei blauen Gläsern das Relief deutlich in jetziger Jahreszeit noch eine Viertelstunde wahrgenommen wird. Damit ist die Thatsache selbst streng erwiesen; wie erklärt sich nun, dafs die bei heller Beleuchtung hellere Farbe in der Dämmerung früher verschwindet als die weniger helle?

Bekanntlich gelangen nur unmittelbare Eindrücke auf die Sinnesorgane zu unserem Bewufstseyn; die schwächsten auf dieselben wirkenden Bewegungen werden nicht mehr einzeln empfunden, aber dann, wenn sie sich schnell gleichmäfsig wiederholen. Daraus ist deutlich, warum, um vernommen zu werden, die Saiten des Contrebasses weiter schwingen müssen, als die der Violine, da bei der geringen Anzahl der Schwingungen sie energischer seyn müssen, warum wir in höherem Tone sprechen, wenn wir ohne grofse Anstrengung gehört werden wollen, warum, wenn die tiefe durch das Sprachrohr verstärkte Stimme des Seemanns im Sturme verhallt, noch der schrillende Ton der Botspfeife durch das Brausen der Wogen und das Geheul des Windes hindurchdringt. Savart hat vermittelst der Speichensirene gezeigt, dafs die Gränze der Wahrnehmbarkeit der Töne nach der Tiefe hin durch die Stärke der Stöfse erweitert werden kann. Die vollkommene Gleich-

artigkeit der Schwingungen bewirkt das Summiren der Eindrücke am vollständigsten, indem die durch ungleiche Schwingungsdauer entstehenden Interferenzen dann wegfallen. Diese Gleichförmigkeit bewirkt bei dem Tone die Reinheit, bei der Farbe die Homogenität. Das Blau verhält sich aber zum Roth wie ein höherer Ton zu einem tieferen, bei dem ersteren sind die Schwingungen der Netzhaut häufiger als bei dem letzteren, wie die des Trommelfells zahlreicher bei höherem Tone als bei tieferem. Da nun bei schwächer werdendem Tone die Gränze der Wahrnehmbarkeit tiefer Töne abnimmt, so ist es vollkommen dem entsprechend, dafs bei abnehmender Helligkeit die Gränze der Wahrnehmung des Rothen sich ebenfalls verengert. Die rothe Farbe wird daher bei schwacher Beleuchtung nicht mehr gesehen werden, während die grofse Anzahl der Schwingungen bei blauem Licht dessen Wahrnehmbarkeit länger erhält.

Auf diese Weise erkläre ich mir die wunderbare Erscheinung, über welche sich aber merkwürdiger Weise noch Niemand gewundert hat, dafs bei dem schwachen Sternenlicht sich das Blau des Himmels noch deutlich geltend macht.

Hiermit hängt die Erscheinung zusammen, dafs ein durch eine enge Spalte entwickeltes prismatisches Spectrum bei intensivem Licht die Farben nach dem rothen Ende hin verhältnifsmäfsig lebhafter entwickelt als nach dem violetten. Besonders deutlich sieht man diefs bei dichromatischen Medien, welche die Enden des Spectrums hindurchlassen, indem sie seine Mitte verlöschen, wenn man die Intensität der getrennten Farben, bei verschiedener Helligkeit der Beleuchtung der Spalte mit einander vergleicht. Aus demselben Grunde zieht ein violettes Glas bei zunehmender Dämmerung immer mehr ins Blau. Der dunkle Raum jenseits des rothen Endes des vollständigen Spectrums, in welchem die Wärme ihr Maximum erreicht, würde wahrscheinlich vollkommen sichtbar werden, wenn man die Intensität des Sonnenlichts durch Concentration bedeutend stei-

steigert. Es wäre diefs der Savart'sche Versuch in Beziehung auf die Gränzen der Sichtbarkeit tiefer Farben, wenn ich mich des Ausdrucks bedienen darf. Wahrscheinlich gehören hierher die Versuche von Brewster über die Fraunhofer'schen Linien in diesem Theile des Spectrums (*Report of the Brit. Assoc.* 1847 *p.* 33), obgleich dort der Grund des Erscheinens nur der Beseitigung der sphärischen Aberration, nicht der Lichtstärke des angewendeten Fernrohrs zugeschrieben scheint. In ähnlicher Weise erweitert sich auch mit Steigerung der Helligkeit die Wirkung des Lichts auf eine jodirte Silberplatte jenseits des violetten Endes.

Bei dieser Gelegenheit will ich noch einige Versuche nachholen zu den früheren über die Enstehung des Glanzes und der Irradiation. Das Wesentliche der von mir angestellten Versuche über das Binocularsehen der Farben beruht darauf, dafs ich farbige Linien betrachtet habe, statt farbiger Flächen. So wie die prismatischen Erscheinungen nur klar wurden, als man kleine Oeffnungen an die Stelle grofser setzte, aber nachdem das Spectrum einer engen Spalte erörtert, sich leicht ableiten liefs, was in weiten Spalten erfolgen werde, so erläutern sich in diesem Gebiet auch jetzt, aber erst jetzt, früher bei dem binocularen Betrachten verschieden gefärbter Flächen beobachtete Erscheinungen. Ueber den Vortheil linearer Dimensionen daher noch einige Beispiele.

Durch ein violettes Glas erscheint in der Weite des deutlichen Sehens eine Flamme violett, innerhalb derselben eine blaue Flamme in einer rothen, jenseits derselben eine rothe in einer blauen. Viel schärfer und entscheidender sieht man diese Erscheinungen, besonders die erstere, wenn man durch das Glas nach einer von einer hellen Flamme beleuchteten Diffractionsschneide blickt.

Aufserhalb der Weite des deutlichen Sehens erscheint ein Mikrometer von schwarzen Linien auf weifsem Grund wie ein grauer, eins von weifsen Linien auf schwarzem Grund wie ein heller Fleck. Betrachtet man das letztere,

d. h. eine Reihe paralleler weifser Linien auf schwarzem Grund, durch ein blaues Glas und geht mit dem Auge so weit zurück, bis das Gitter durch das Zusammenlaufen der Linien als Fleck erscheint, so sieht man es durch ein rothes Glas noch vollkommen als Gitter, es wird bei erheblich gröfserer Entfernung erst ein Fleck. Auf diese Weise sieht man äufserst leicht, dafs die Sehweite für rothes Licht erheblich gröfser ist, als für blaues. Dafs die für weifses Licht ebenfalls gröfser als die für blaues, ist ebenso deutlich zu sehen. Da es schwer ist, verschiedene Pigmente von so gleicher Intensität zu wählen, dafs durch ihre binoculare Verbindung Glanz entsteht, weifse und schwarze Flächen diesen aber entschieden geben, so kann man auf folgende Weise farbigen Glanz leicht erhalten. Man verbindet im Stereoskop eine Zeichnung von weifsen Linien auf schwarzem Grund mit einer anderen von schwarzen Linien auf weifsem Grund und betrachtet sie durch ein vor beide Augen gehaltenes farbiges Glas. Bei einem Rubinglas und heller Beleuchtung erscheint das Relief wie von polirtem Kupfer. Man kann daraus schliefsen, dafs die für Irradiation und Glanz früher erhaltenen Resultate für jede beliebige farbige Beleuchtung gültig sind.

Und so möge denn hier eine von der bisherigen abweichende Erklärung der flatternden Herzen ihre Stelle finden. Dafs ein grünes Bild auf rothem Grund rasch hin und her bewegt auf dem Grunde zu schwanken scheint, und dafs diese Täuschung vorzugsweise im indirecten Sehen stattfindet, könnte zu der Vorstellung führen, dafs es sich hier um complementare Farben handele. Aber schon Wheastone hat gezeigt, dafs ein rothes Herz auf blauem Grund, oder ein blaues auf rothem lebhafter sich bewegt, es ist also ein Phänomen der verschiedenen Brechung. Nun erscheint aber, wie Brewster zuerst an geognostischen Charten bemerkt hat, blau und roth nicht in einer Ebene aus Gründen, die durch meine früheren stereoskopischen Versuche jetzt vollkommen erhellen. Bewege ich nun das

Blatt in seiner Ebene, so beschreibt das Herz und der Grund gleichgrofse Tangenten an Kreisen, deren Radien ich verschieden setze. Die Winkelgeschwindigkeit des einen erscheint daher anders als die des anderen, beide Objecte, Bild und Grund, scheinen sich daher über einander zu verschieben. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dafs auch der Grund begränzt sey, da, wenn er als ein unbegränzter erscheint, seine Bewegung in seiner eigenen Ebene nicht wahrgenommen wird. Dafs bei seitlicher Betrachtung das Phänomen deutlicher hervortritt als bei senkrechter, hängt wahrscheinlich damit zusammen, dafs die in Beziehung auf das Auge hier geltend gemachten Unterschiede der Farben dann noch entschiedener hervortreten, denn ich sehe, wenn ich sehr schief zur Seite blicke, in einem dunklen Zimmer eine enge von aufsen hell beleuchtete Spalte mitunter als Spectrum, welches ich nie bei senkrechter Betrachtung wahrgenommen habe. Aufserdem ist aus leicht ersichtlichen Gründen die Differenz beider Bewegungen auf einer eingebildeten Parallaxe beruhend bei seitlicher Betrachtung gröfser, sowie ein parallel mit sich hin und her bewegter den Augen zugekehrter Stab seitlich betrachtet mehr zu schwanken scheint als dann, wenn seine Bewegung um die Halbirungslinie der Sehlinien beider Augen geschieht.

Dafs wir das mit beiden Augen Gesehene auch bei den Doppeltsehen auf eine bestimmte Entfernung projiciren, geht aus folgendem Versuch hervor. Ich habe früher die Beobachtung beschrieben, ohne sie erklären zu können, dafs ich mitunter bei dem Doppeltsehen einer geraden Linie das eine Bild als eine gerade Linie, das andere als eine gebrochene oder gekrümmte sehe. Ohne behaupten zu wollen, dafs diefs immer aus denselben Gründen erfolgt, kann ich doch für besondere Fälle den Grund nachweisen. Ich legte einen Bogen Papier, auf dem ich eine gerade Linie gezeichnet, auf einen Tisch und betrachtete sie durch Doppeltsehen als zwei gerade Linien. Ich krümmte nun den Bogen so, dafs die Projection der geraden Linie auf

dem Tisch für das eine Auge eine gerade Linie blieb, für das andere eine gekrümmte Linie wurde. Nun sah ich die eine Linie gerade, die andere gekrümmt.

Schliefslich will ich noch einen sehr entscheidenden Versuch dafür anführen, dafs nur bei binocularem Sehen das Bild im Hohlspiegel vor demselben erscheint. Man nähert einen an einem Stift befestigten Ring dem Hohlspiegel so, bis beide durch einander hindurchgehen und das vergröfserte Bild des Ringes zwischen dem Auge und wirklichen Ringe steht. Schliefst man nun das linke Auge, so tritt das Bild des Ringes augenblicklich hinter denselben zurück. Der abgekürzte Hohlkegel, welcher dem Auge seine Grundfläche zukehrte, wendet nun plötzlich ihm seine Schnittfläche zu. Nähert man bei dem Sehen mit einem Auge die Hand plötzlich dem Spiegel, so glaubt man allerdings auch monocular die Hand sich nähern zu sehen. Diefs ist aber nur eine bei schneller Bewegung eintretende Täuschung, da man sich nicht vorstellen kann, dafs die an der Stelle bleibende Hand gröfser wird.

Der Versuch von Scherfer, durch zwei kleine dicht neben einander liegende Oeffnungen einen schmalen Gegenstand in der Weite des deutlichen Sehens einfach, diefsseits derselben doppelt zu sehen, gelingt für rothe und blaue Strahlen bei verschiedenen Entfernungen, für erstere bei gröfserer, für letztere bei geringerer Entfernung. Am besten ist es, als Object eine stark beleuchtete Diffractionsschneide anzuwenden, welche man nach einander mit einem rothen und blauen Glase verdeckt. Für weifses Licht liegt die Entfernung zwischen beiden Gränzen. Man kann die farbigen Gläser auch unmittelbar vor das Auge halten, so dafs die kleinen Oeffnungen sich jenseits des Glases befinden.

Nach Beendigung der im Vorhergehenden beschriebenen Versuche fand ich in der Abhandlung von Seebeck über den bei manchen Personen vorkommenden Mangel an Farbensinn (Pogg. Ann. Bd. 42, S. 222) folgende Stelle:

»in der Dämmerung verschwinden bekanntlich die wenigst brechbaren Strahlen zuerst aus dem Lichte der Atmosphäre, wodurch die bekannten Aenderungen in dem Ansehen der Farben entstehen.« Seebeck erklärt daher diese Erscheinungen aus einer objectiven Veränderung der Farbe der Beleuchtung. Dieſs geht deutlich daraus hervor, daſs er (S. 224) bemerkt: »Von dem Dr. G. wird angeführt, daſs er bei einiger Dunkelheit besser sehe, als andere Personen, die ihm bei Tage an Gesichtsschärfe übertreffen. Ich vermuthe, daſs dieſs von der Dämmerung zu verstehen ist, indem hier, wo die wenigst brechbaren Strahlen zuerst verschwinden, das Abnehmen des Tageslichts den Augen der zweiten Klasse weniger empfindlich seyn muſs, als denen der ersten Klasse und dem gewöhnlichen Auge.«

Was nun die bekannte Thatsache eines objectiven Fehlens der am wenigsten brechbaren Strahlen betrifft, so ist es auffallend, daſs ich sie in keiner Untersuchung über Dämmerung und über Farbe des Himmels, die neuesten nicht ausgenommen, erwähnt finde. Seebeck sagt selbst, daſs das Himmelblau dem Grau in der Dämmerung ziemlich ähnlich wird. Hassenfratz[1]) fand die Länge des Spectrums bei hohem Sonnenstande 185 Millimeter, bei Sonnenuntergang nur 70 und dabei fehlten die Strahlen auf der blauen Seite so sehr, daſs das ganze Farbenbild nur aus Roth, Orange und Grün bestand, und Kämtz erklärt[2]) dieſs dadurch, daſs die blauen Strahlen auf dem langen Wege durch die Atmosphäre verloren gegangen wären. Vorausgesetzt nun auch, daſs blaues Licht in der Dämmerung überwiege, so würde dieſs doch nicht stattfinden können bei einer vollkommen gleichartigen weiſsen Bedeckung des Himmels, wo nach allen Theorien das Licht farblos reflectirt wird. Nun habe ich aber meine Versuche an Tagen angestellt, wo der Himmel so gleichförmig bedeckt war, daſs mit dem empfindlichsten Apparate keine Spur von Polarisation des Himmelslichtes sich zeigte, ja an

1) *Ann. de Chim. T.* 66, *p.* 60.

2) Meteorologie Bd. 3, S. 42.

Tagen, wo ein dichter Nebel die Luft gleichartig erfüllte. Um aber jeden möglichen Zweifel zu beseitigen, habe ich die Versuche um Mittag in einem künstlich verfinsterten Zimmer wiederholt.

Tritt man unmittelbar aus einem hell erleuchteten Zimmer in ein stark verdunkeltes, und nähert sich der Stelle wo das Licht eintritt, so weit, dafs man das Blau erkennt, so erscheint zunächst das Roth lebhafter. Das Auge verlangt nämlich dann noch die Helligkeit, bei welcher das Roth überwiegt über das Blau. Erst nach längerem Aufenthalt im Dunkeln ist die Netzhaut so empfindlich, wie in der starken Dämmerung. Tritt man nun so weit zurück von der Stelle, wo das Licht einfällt, dafs das Blau noch deutlich erscheint, so ist das Roth vollständig verschwunden. Hierbei ist es aber nicht möglich, das Stereoskop mit Sicherheit anzuwenden, da es äufserst schwierig ist, den beiden Flächen genau gleiche Beleuchtung zu geben. Am besten erhält man die beschriebene Thatsache, wenn man nach einander eine mit weifsen Strichen auf schwarzem Grund ausgeführte unverändert liegende Zeichnung zuerst durch das blaue, dann durch das rothe Glas betrachtet.

Hierher gehört auch die merkwürdige Thatsache, dafs, unter vielen, denen ich gleichzeitig bei hellem Tage das Relief im Stereoskop mit blauen und rothen Kanten durch die verschiedenfarbigen Gläser zeigte, einer erklärte, dafs er nur die Zeichnung mit blauen Linien, nicht das Relief sähe, da er durch das rothe Glas die Zeichnung gar nicht wahrnehme. Die Augen dieses Individuums verhielten sich also bei hellem Sonnenschein wie die normalen Augen im schwachen Dämmerlicht.

Wenn aus unseren bisherigen Versuchen folgt, dafs das bei heller Beleuchtung lebhaftere Roth gegen das schwächere Blau zurücktritt, wenn die Dunkelheit zunimmt, so ist es nicht unmöglich, dafs in voller Dunkelheit jenseits des violetten Endes des Spectrums noch schwächere Schwingungen stattfinden, die, wenn sie auch nicht von dem Auge

empfunden werden, doch eine jodirte Silberplatte afficiren. Durch die Dauer und die grofse Anzahl der Schwingungen würde sich erklären lassen, dafs eine Wirkung auf einer Platte hervortritt, die auf der Netzhaut nicht empfunden wird, weil wir das bewegliche Auge nicht so lange und so stetig der summirenden Wirkung dieser kleinen Schwingungen aussetzen können als die ruhende Silberplatte. Moser sagt ausdrücklich, dafs das unsichtbare Licht zu dem sichtbaren sich verhalte, wie das violette zum rothen und es scheint mir nach dem hier Erörterten nicht einmal nöthig anzunehmen, dafs diese Schwingungen von der Nervenhaut nicht empfunden werden, weil sie von den Substanzen, welche vor ihr liegen, zurückgehalten werden [1]). Senden alle Körper Licht aus, es mag nun die Netzhaut afficiren oder nicht, so wird eine Beleuchtung der letzten Klasse von Körpern durch eine der ersten nur störend wirken, denn wir verlangen dann von der Platte, dafs sie gleichzeitig zwei Bilder darstelle, welches natürlich der Deutlichkeit Eintrag thun wird.

Seebeck hat gezeigt, dafs die zweite Klasse der mit mangelndem Farbensinn behafteten Individuen bei hellem Licht ohngefähr die Erscheinungen sieht, welche ein farbengesundes Auge in der Dämmerung wahrnimmt. Da die objective Erklärung nun wegfällt, so bleibt nur eine subjective, d. h. die Annahme, dafs die Netzhaut des gesunden Auges bei schwacher Beleuchtung dem Zustande jenes krankhaften sich nähert.

Bei dem Interesse, welches die Arbeit von Seebeck bei ihrem Erscheinen in mir erregte, war es mir wünschenswerth, eine vollständige Anschauung dieser Eigenthümlichkeit zu erhalten. Seebeck hatte daher die Güte, mir ein Exemplar derselben zu geben, in welchem die verschieden farbigen Papiere, welche die Individuen als gleich ausgesucht hatten, in viele Reihen je zwei neben einander geklebt sind. Nun stellte ich mir die Frage, wenn ein Individuum ein lebhaftes Roth und Grün als vollkommen

1) Ueber das Licht S. 18.

gleich sieht, sieht es vielleicht das, was ein gesundes Auge als Mittelfarbe aus beiden wahrnimmt. Wie aber fällt diese Mittelfarbe aus? Diefs erhält man sehr schön mittelst eines Prismenstereoskops. Bringt man die farbigen Papiere zum Decken, so erscheinen die vorher so verschiedenen Papiere paarweise vollkommen gleichartig und in der Regel grau oder als eine Schmutzfarbe. Auf diese Weise würde sich erklären, wie eins der Individuen das reine Roth nicht besser als durch die Farbe eines Esels zu bezeichnen wufste. Versuche mit wahren complementaren Farben wären besonders interessant.

IX. *Ueber im Glase befindliche entglaste Körper, und die durch dieselben hervorgerufenen optischen Erscheinungen; von D. C. Splitgerber.*

Drei verschiedene Arten entglaster Körper fand ich besonders dadurch interessant, dafs sie auf verschiedene Stufen der Bildung stehen, welche bei anorganischen Körpern möglich sind und deren Spitze der ausgebildete Krystall ist. Die Beobachtungen darüber verdienen wohl wegen ihrer Anwendung auf verschiedene Mineralien einige Beachtung, und dürften vielleicht selten unter so günstigen Umständen zu machen seyn, wegen der Durchsichtigkeit der umgebenden Masse.

Alle drei Ausscheidungen aus dem Glase habe ich zwar schon in diesen Annalen Bd. 76, S. 571 und 572 beschrieben, aber wegen Mangel eines Mikroskop nur unvollständig; ich will es daher in dieser Hinsicht hier vervollständigen und nur wiederholen, dafs ihr Entstehen durch das Zerfallen der ursprünglichen Zusammensetzung des Glases in andere undurchsichtige Verbindungen erklärt wird, welche sowohl amorph, als auch krystallinisch seyn können.

So fand ich amorphe Körper von 2,456 spec. Gewicht bei $13\frac{1}{2}$° R., welche aber nicht ganz vom umgebenden Glase von 2,452 spec. Gew. getrennt werden konnten, in diesem letzteren, welches nach der Analyse aus

77,63	oder	100	Theile	Kieselerde
15,53	»	20	»	Natron
6,25	»	8,06	»	Kalkerde
0,59	»	0,76	»	Thonerde

bestand, bei dessen langsamer Abkühlung als rundliche undurchsichtige 1 bis 2 Mllm. grofse weifse Körner ausgeschieden, welche einen porcellanartigen Bruch haben. In hinreichend dünnen Stückchen bei starker Vergröfserung betrachtet, kann man ihr Ansehen mit dem chemischen Niederschlag der Thonerde in einer Flüssigkeit vergleichen; doch sind sie dichter und scharf begränzt und ohne dafs man eine krystallinische Structur an ihnen wahrnehmen kann.

Diejenigen entglasten Körper dagegen, welche in derselben Gröfse wie die vorigen sich in dem auf dem Boden eines Schmelzofens befindlichen unreinen Glase von 2,521 spec. Gew. gebildet haben und nach der Analyse aus

69,34	oder	100	Theile	Kieselerde
13,94	»	20,10	»	Kali
11,31	»	16,29	»	Kalkerde
5,41	»	7,81	»	Thonerde

bestehen, lassen schon die Gestalt von sechsseitigen Tafeln erkennen, wenn die Flächen und Kanten auch noch nicht geradlinig begränzt sind. Durchscheinend in dünnen Schliffen, erscheinen diese unter dem Mikroskop weniger dicht und scharf begränzt wie die vorigen, wie Nebelflecke, in welchen sich aber gerade Linien aus verzweigten feinen Nadeln gebildet haben, welche dem Anschein nach Winkel von 60 Grad mit einander machen, also ihrer inneren Structur nach zum hexagonalen Krystallsystem gehörig sich zeigen, wenn ihre äufsere Form auch nicht zu erkennen wäre. In dem durchsichtigen Glase kann man ferner auch noch wahrnehmen wie die entglas-

ten Theilchen sich einander genähert, wie verschiedene Schichten sich zu einem dichten Kern zusammengezogen haben und wie äufserst feine Partikel von aufsen sich lose daran anlegen; so dafs offenbar die wolkenartige Ausscheidung das Frühere ist, in welcher dann später bei begünstigenden Umständen die Krystallisationskraft zu wirken beginnt, welche den verschiedenen Ausscheidungen die regelmäfsige Form giebt und dieselben dadurch individualisirt.

Als auf einer anderen Stufe befindlich sind endlich noch die in jenem Aufsatz angeführten ähnlichen, aber mehr ausgebildeten, Krystalle in einem englischen Glase zu erwähnen, welche die Gröfse von 3 bis 4 Mllm. haben, und an welchen, wie man diefs häufig bei gröfseren Krystallen findet, die Ränder viel stärker als die Flächen auskrystallisirt sind, so dafs dieselben, obgleich sie an ihren Aufsenwänden keine Unterbrechung zeigen, im Innern aus mehreren kleinen sechsseitigen Tafeln zusammengesetzt erscheinen. Die ganze Masse, welche zum gröfsten Theil entglast ist, hat ein spec. Gew. von 2,541, enthält daher wohl kein Bleioxyd, doch zeigt die Farbe, dafs es ein Sodaglas ist.

In einer Notiz Bd. 79, S. 297 habe ich die Polarisations-Erscheinungen beschrieben, welche durch die zuerst angeführten amorphen Körper hervorgebracht werden; durch die Zuhülfenahme eines Mikroskop ist es mir möglich geworden auch sie zu vervollständigen.

Bei Anwendung eines solchen, welches durch zwei Nicol'sche Prismen in ein Polarisations-Mikroskop verwandelt worden, zeigen sich bei einer 20maligen Vergröfserung im umgebenden Glase die Farbenerscheinungen mit dem schwarzen Kreuz ungemein schön und nicht nur, wie ich früher angegeben habe, das bläuliche und gelbliche Weifs, sondern nach demselben das Orange, Roth, dunkel Purpur und endlich, dicht um die entglasten Körner herum, ein schönes Blau, welches an manchen Stellen noch ins Grünliche überzugehen scheint, und dasselbe sieht man

natürlich in jeder beliebigen Richtung, in welcher parallele Flächen an den dieselben enthaltenden Glasstücken angeschliffen sind.

Alle diese Farben verschwinden aber bis auf das bläuliche Weifs bei einer Erwärmung des Glasstücks, stellen sich aber der Reihe nach wieder ein, zuletzt das Blau. Diefs hatte ich übrigens anfangs nur so weit getrieben, dafs das Glas eben noch mit den Fingern zu halten war; nachher fand ich aber durch Erhitzen desselben auf Platinblech bis diefs glühend wurde, dafs auch diefs opalisirende Weifs zum Verschwinden gebracht werden kann, so dafs dann also jede durch eine verschiedene Dichtigkeit um das undurchsichtige Körnchen hervorgebrachte Spannung im Glase, wohl mit seiner Elasticität, aufgehört hat.

Diefs momentane Verschwinden der sonst bleibenden Spannung durch diejenige, welche die Erhitzung hervorbringt, spricht für meine früher geäufserte Ansicht, wenn das höhere specifische Gewicht es nicht schon thäte, dafs die entglasten Theile sich mehr wie das umgebende Glas zusammengezogen haben, welche Contraction nun durch die Erwärmung ausgeglichen wird, oder durch die in entgegengesetzter Richtung wirkende Spannung, welche von der äufsern Gestalt des Glasstücks abhängig ist. Ich bemerke hierbei noch, dafs diejenigen Körnchen, welche durch einen Sprung ringsum sich vom Glase losgetrennt haben, keine Polarisations-Erscheinung mehr zeigen, andere, die sich zum Theil getrennt haben, nur an der noch zusammenhängenden Stelle. Berühren sich aber die Wirkungs-Sphären mehrerer nicht weit von einander im Glase befindlichen Körner, so entstehen die mannigfaltigsten Abänderungen der oben beschriebenen Erscheinung.

Jene zweite Art von Ausscheidung scheint weniger stark auf das Glas umher zu wirken, und man sieht an denselben nur selten opalisirende Büschel, niemals aber Farben, und an den zuletzt beschriebenen Krystallen war es mir wegen der Form des Glasstücks gar nicht möglich, dergleichen Beobachtungen zu machen.

Es mögen sich hier noch die Bemerkungen anschliefsen, welche ich an im Glase ausgeschiedene Metallkörner gemacht habe, und welche vielleicht zur Erklärung jener Erscheinung mit beitragen können.

Gold- und Silberkörnchen zeigten unter jenem Mikroskop die vier weifsen Büschel um sich herum sehr deutlich, doch ohne Farben, so dafs also die Differenz der interferirenden Lichtstrahlen hier wohl nur eine Viertel-Wellenlänge betragen kann, und sie verschwinden bei der Erhitzung. Bei einem gröfseren Goldkügelchen habe ich bei dem, während der Abkühlung, erfolgenden schnellen Wiedererscheinen ein eigenthümliches Zucken und Rucken dieser Büschel bemerkt. Bei Körnchen von Kupfer und Blei waren die Büschel, so lange das Glas kalt war, nur selten und schwach zu sehen; dagegen erschienen sie sehr deutlich, wenn dasselbe erhitzt wurde.

Bei dieser Gelegenheit fand ich auch, was sich allerdings wohl voraussehen liefs, dafs an der Spitze eines im erhitzten Glase entstandenen Sprunges sich ein schwarzes Kreuz durch jene Büschel gebildet zeigt, welches mit dem Sprunge selbst langsam oder schnell sich fortbewegt.

X. *Ueber die vom Dr. Lamont beobachtete zehnjährige Periode in der Gröfse der täglichen Bewegung der Declinationsnadel; von P. A. Reslhuber;*

Director der Sternwarte zu Kremsmünster.

Im abgelaufenen Jahre beschäftigte ich mich mit der Reduction und Bearbeitung der magnetischen Beobachtungen, welche hier seit der Gründung des magnetischen Observatoriums im Jahre 1839 sowohl von meinem Vorgänger in der Leitung des Institutes, dem Hrn. Dr. Marian

Koller (seit dem Jahre 1847 k. k. Ministerialrath im hohen Ministerium des Unterrichtes) als von mir angestellt worden sind. Sie beziehen sich auf die *absoluten Bestimmungen* der Elemente der magnetischen Kraft, auf die *täglichen Aenderungen* der Declination und Horizontal-Intensität, und auf die *Variationen der beiden genannten* Elemente an den festgesetzten *Terminsbeobachtungs-Tagen.*

Die Beobachtungen über die Variationen der Declination und Horizontal-Intensität werden an Gaufs'schen Magnetometern *täglich* zu den Stunden 8^h Morg. 2^h und 8^h Ab. nach mittlerer Gött. Zeit seit dem Jahre 1842 angestellt; ich besitze also schon eine Beobachtungsreihe von 10 Jahren, hinreichend, um aus den erlangten Daten einige Folgerungen ziehen zu können.

Was nun zuerst die von Dr. Lamont angeführte zehnjährige Periode anbelangt, so ergiebt sich aus unseren Beobachtungen folgendes Resultat:

Gröfse der täglichen Aenderung der Declination von 8[h] Morgens bis 2[h] Abends [1]).

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Mittelgröfse des Jahres.
1842	1'58",4	4'12",1	6'56",6	10'32",4	—	—	8'24",5	7'55",9	6'14",6	6'25",8	2'36",1	2'13",5	6'33",4
43	3 9 ,7	3 36 ,9	7 0 ,9	9 33 ,7	—	9'32",6	8 55 ,7	8 30 ,0	7 45 ,8	5 39 ,2	2 25 ,8	1 58 ,8	6 28 ,6
44	1 9 ,1	2 2 ,9	6 45 ,4	8 31 ,5	7'43",3	7 48 ,4	10 11 ,3	9 56 ,6	8 21 ,2	7 15 ,1	3 2 ,2	1 59 ,6	6 14 ,9
45	0 49 ,4	3 46 ,2	7 21 ,5	11 16 ,0	9 54 ,7	9 56 ,5	8 50 ,6	9 31 ,0	6 55 ,6	6 5 ,9	3 0 ,5	2 37 ,3	6 39 ,6
46	2 9 ,9	3 27 ,5	10 6 ,0	13 25 ,7	12 45 ,9	12 42 ,1	10 52 ,6	10 25 ,7	6 49 ,8	6 32 ,1	3 32 ,5	2 23 ,6	7 56 ,1
47	1 9 ,6	4 9 ,6	9 16 ,9	9 58 ,7	10 20 ,8	11 47 ,2	10 39 ,9	12 31 ,6	10 20 ,8	11 16 ,8	6 47 ,4	5 8 ,6	8 42 ,3
48	6 26 ,5	8 42 ,2	12 43 ,6	13 19 ,7	12 49 ,5	13 45 ,2	14 34 ,6	14 3 ,3	12 1 ,2	12 6 ,8	4 55 ,5	5 27 ,0	10 55 ,4
49	7 51 ,6	10 24 ,2	14 42 ,0	17 43.,2	14 17 ,3	14 24 ,5	12 16 ,1	11 58 ,3	9 47 ,5	7 39 ,2	4 7 ,1	2 32 ,9	10 39 ,5
50	4 12 ,4	4 51 ,5	9 13 ,9	10 34 ,1	13 54 ,8	13 53 ,5	13 32 ,5	11 30 ,5	10 37 ,9	9 46 ,1	5 4 ,4	2 41 ,1	9 8 ,4
51	4 59 ,7	5 1 ,1	9 11 ,0	12 5 ,4	10 12 ,9	13 24 ,0	10 50 ,7	8 50 ,2	7 41 ,0	7 24 ,6	4 21 ,2	2 2 ,3	8 0 ,3

1) Die fehlenden Monatgröfsen im Jahre 1842 und 1843 sind durch Interpolation ermittelt.

Hier mufs ich zum Verständnisse bemerken, dafs diese Angaben nicht die *vollkommene Gröfse* der täglichen Variation geben, denn nach meinen Untersuchungen über die stündliche Aenderung der Declination während eines Tages fällt das *Minimum der Declination am Morgen* an unserem Orte nahe um 7^h mittl. Gött. Zeit, das *Maximum am Nachmittage* um 1^h mittl. Gött. Zeit; es hat somit die Declination um 8^h M. schon etwas zu-, um 2^h Ab. schon wieder etwas abgenommen, folglich sind die obigen Schwankungsangaben um etwas zu klein, doch dürfte die Correction nicht bedeutend seyn; jedenfalls aber reichen sie vortrefflich hin, um das Gesetz der periodischen Aenderung darzuthun.

Die Mittelgröfse des Jahres erreicht ein Minimum zwischen 1843 — 44, ein Maximum von 1848 auf 1849.

Die monatlichen Mittelgröfsen der täglichen Aenderung der Declination von 1842 — 50 inclusive, unterzog ich einer scharfen Rechnung nach der Methode, wie man den Gang periodischer Erscheinungen berechnet, und erhielt für den jährlichen Gang obiger Variation der Declination folgendes Resultat:

1842 — 50.	Beobachtete Schwankung.	Berechnete Schwankung.
Januar	3′ 12″,93	2′ 29″,10
Februar	5 0 ,34	5 16 ,84
März	9 21 ,90	9 19 ,75
April	11 39 ,43	11 58 ,77
Mai	11 40 ,91	12 13 ,97
Juni	11 43 ,74	11 16 ,16
Juli	10 55 ,34	10 33 ,95
August	10 42 ,60	10 16 ,91
September	8 47 ,14	9 33 ,82
October	8 5 ,21	7 42 ,16
November	3 56 ,84	4 54 ,49
December	3 0 ,27	2 32 ,48
Jahr	8 10 ,55	8 10 ,70

Die Schwankung ist somit am *kleinsten* im Monate Januar, am *gröfsten* im Monate May.

Man glaubt gewöhnlich, eine Hauptursache dieser täg-

lichen Aenderung, im Stande der Declinationsnadel, sey die Erwärmung der Erde. Ich wage es nicht, zu entscheiden, welchen Antheil die Wärme an diesen regelmäſsigen Aenderungen habe; wahr ist es, daſs das Minimum der Declination am Morgen nahe um die Zeit des Minimums der Temperatur, das Maximum der Declination am Nachmittage nahe um die Zeit des Maximums der Wärme eintritt; aber die magnetische Declination erreicht zwischen 10^h und 12^h Nachts ein zweites Minimum, und zwischen 2^h und 4^h Morgens ein zweites Maximum, also regelmäſsig zwei Maxima und zwei Minima der Declination während eines Tages, da hingegen in der Temperatur nur ein Minimum und ein Maximum stattfindet. Wenn die Wärme die alleinige, oder doch die Haupt-Ursache dieser magnetischen Variationen wäre, so müſste die *Gröſse der täglichen Variation* der Declination mit dem Wachsen und Abnehmen der Temperatur im Jahre *gleichen Schritt* halten, was die bisherigen Beobachtungen nicht nachweisen; diese Gröſse ist wohl zur *Zeit der tiefsten Temperatur* am *kleinsten,* nimmt aber zur *Zeit der höchsten Temperatur* (Julius) schon *wieder ab,* nachdem sie im Monate Mai ihren höchsten Werth erreicht hatte.

Aber eine andere Bemerkung, wenn man obige Resultate betrachtet, drängt sich unwillkürlich auf:

Die Gröſse der täglichen Variation der Declination in den Monaten des Jahres geht parallelen Schrittes mit der Aenderung der Feuchtigkeits-Verhältnisse der Luft, ist am kleinsten zur Zeit der gröſsten Feuchtigkeit, am gröſsten zur Zeit der gröſsten Trockenheit.

Zum Beweise dieses Satzes gebe ich hier

a) die mittlere tägliche Schwankung der Declination in den einzelnen Monaten,

b) die mittlere relative Luftfeuchtigkeit in Procenten in den einzelnen Monaten,

c) die mittlere Temperatur in den einzelnen Monaten von den Jahren 1842 bis 1850;

	Mittlere Schwankung der Declination von 2^h Ab. bis 8^h M.	Mittlere Feuchtigkeit in Procenten.	Mittlere Temperatur in R.-Graden.
Januar	2' 29",10	93,84	— 3°,08
Februar	5 16 ,84	91,90	— 0 ,39
März	9 19 ,75	83,77	+ 1 ,68
April	11 58 ,77	72,09	+ 6 ,73
Mai	12 13 ,97	70,25	+ 10 ,36
Juni	11 16 ,16	72,43	+ 13 ,19
Juli	10 33 ,95	74,37	+ 14 ,14
August	10 16 ,91	76,19	+ 13 ,73
September	9 33 ,82	81,62	+ 10 ,50
October	7 42 ,16	89,07	+ 6 ,59
November	4 54 ,49	92,30	+ 2 ,14
December	2 32 ,48	94,54	— 0 ,87
Jahr	8 10 ,70	82,69	+ 6 ,23

Ganz besonders schlagend beweisen obigen Satz die Beobachtungs-Resultate des Jahres 1851, welche in den Monaten Mai und Junius eine Anomalie in den Wärme- und Feuchtigkeits-Verhältnissen darbieten.

1851.	Mittlere Schwankung der Declination von 8^h M. bis 2^h Ab.	Mittlere Feuchtigkeit in Procenten.	Mittlere Temperatur in R.-Graden.
Januar	4' 59",7	93,74	— 1°,49
Februar	5 1 ,1	91,84	— 1 ,82
März	9 11 ,0	84,00	+ 2 ,27
April	12 5 ,4	73,92	+ 8 ,13
Mai	10 12 ,9	74,28	+ 7 ,86
Juni	13 24 ,0	67,90	+ 12 ,89
Juli	10 50 ,7	70,74	+ 13 ,29
August	8 50 ,2	73,54	+ 13 ,61
September	7 41 ,0	82,48	+ 9 ,22
October	7 24 ,6	84,93	+ 8 ,23
November	4 21 ,2	93,60	— 0 ,72
December	2 2 ,3	94,56	— 1 ,21
Jahr	8 0 ,3	82,13	+ 5 ,85

Ich bin nicht im Stande, den Zusammenhang dieser Erscheinungen zu erklären, fordere aber die Naturforscher auf, diese aus unseren Beobachtungen sich ergebende höchst interessante Thatsache weiter zu verfolgen und zu untersuchen.

Am Schlusse seines Aufsatzes bemerkt Hr. Dr. Lamont, »dafs auch die tägliche Bewegung der Horizontal-

Intensität einer beträchtlichen Aenderung unterliege; ob dieselbe Periode, wie bei der Declination stattfindet, habe ich noch nicht ermittelt u. s. w.«

Die Untersuchungen über die stündliche Aenderung der Horizontal-Intensität während eines Tages weisen nach, dafs täglich *zwei Maxima* und *zwei Minima* stattfinden; und zwar

zwischen 6^h und 7^h Ab. mittlerer Stand,
» 10^h und 11^h Ab. ein Maximum (das kleinere des Tages),
zwischen 12^h und 1^h Nachts ein Minimum (das kleinere des Tages, gröfser als die mittl. Horizontal-Intensität),
zwischen 3^h und 4^h Morg. ein Maximum (das gröfsere des Tages),
zwischen 6^h und 7^h Morg. mittlerer Stand,
zwischen 9^h und 11^h Morg. ein Minimum (das gröfsere des Tages, kleiner als die mittlere Horizontal-Intensität).

Die Zeiten der Maxima, der Minima, der mittlern Gröfse der Horizontal-Intensität treffen auf *frühere Stunden* in den *wärmeren Monaten*, auf *spätere* in den *kälteren.*

Die Horizontal-Intensität ist ferner während der *Stunden des Tages* regelmäfsig *kleiner,* während der *Stunden der Nacht gröfser* als die mittlere Horizontal-Intensität des Tages.

Um zu ermitteln, ob auch in den täglichen Aenderungen der Horizontal-Intensität eine Periode stattfinde, wählte ich von unseren dreitäglichen Beobachtungen die um 8^h M. und 8^h Ab. gemachten aus. Die erste fällt etwas vor dem tiefsten Stande (gröfsten Minimum), die zweite ein Paar Stunden vor dem Maximum des Abends; somit giebt auch hier die Differenz der beiden Stände nicht die ganze Gröfse der täglichen Aenderung der Horizontal-Intensität.

Die Aenderungen sind in Decimaltheilen der absoluten Horizontal-Intensität ausgedrückt.

Aenderung der Horizontal-Intensität von 8^h Morg. bis 8^h Ab. mittl. Gött. Zeit.
Differenz = 8^h Ab. — 8^h Morg.

	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	Mittel von 9 Jahren.
Jan.	— 0,00048	— 0,00076	— 0,00098	— 0,00011	— 0,00066	+ 0,00019	+ 0,00111	— 0,00028	— 0,00056	— 0,00028
Febr.	— 014	— 038	— 013	+ 064	+ 060	+ 024	— 008	+ 012	+ 069	+ 024
März	+ 000	+ 090	+ 096	+ 065	+ 109	+ 230	+ 140	+ 095	+ 059	+ 098
April	+ 058	+ 158	+ 206	+ 161	+ 347	+ 305	+ 323	+ 220	+ 139	+ 214
Mai	+ 230	+ 245	+ 275	+ 300	+ 412	+ 453	+ 431	+ 437	+ 259	+ 334
Juni	+ 243	+ 402	+ 297	+ 405	+ 355	+ 451	+ 410	+ 395	+ 218	+ 353
Juli	+ 205	+ 279	+ 268	+ 400	+ 385	+ 506	+ 434	+ 341	+ 315	+ 348
Aug.	+ 243	+ 314	+ 326	+ 435	+ 418	+ 473	+ 430	+ 372	+ 273	+ 365
Sept.	+ 158	+ 292	+ 311	+ 221	+ 325	+ 388	+ 347	+ 335	+ 339	+ 302
Oct.	+ 102	+ 117	+ 118	+ 117	+ 050	+ 155	+ 142	+ 171	+ 194	+ 130
Nov.	— 010	— 019	— 037	— 004	+ 171	+ 058	+ 053	+ 033	+ 085	+ 037
Dec.	— 116	— 112	— 129	— 003	— 131	+ 211	— 047	— 003	— 069	— 044
Jahr	+ 0,00088	+ 0,00138	+ 0,00133	+ 0,00180	+ 0,00208	+ 0,00273	+ 0,00230	+ 0,00203	+ 0,00152	+ 0,00178

Hier stellt sich ganz deutlich in der mittleren Jahresgröfse der täglichen Aenderung der Horizontal-Intensität von 8^h M. bis 8^h Ab. *ein Minimum zwischen* 1843 *und* 1844, *ein Maximum zwischen* 1848 *und* 1849 heraus; *es findet sonach in den täglichen Aenderungen der Horizontal-Intensität dieselbe zehnjährige Periode statt, wie bei den täglichen Aenderungen der Declination.*

Was den *Gang dieser Aenderungen in den einzelnen Monaten des Jahres* anbelangt, so scheint derselbe *ganz dem der Wärme* zu folgen. Mehrjährige Beobachtungen werden die kleinen Anomalien in den wärmeren Monaten eliminiren, und das hierin herrschende Gesetz deutlich zu erkennen geben.

Kremsmünster, den 13. Februar 1852.

XI. *Meteorologische Beobachtungen auf dem Hohenpeifsenberg, jährlicher Gang der Temperatur daselbst; von Dr. Lamont.*

Ehe ich auf den speciellen Gegenstand übergehe, den ich in diesem Aufsatze zu behandeln beabsichtige, möchte ich die Aufmerksamkeit der Fachmänner auf ein Werk lenken, welches, wie ich glaube, durch die Reichhaltigkeit wie durch eigenthümliche Vorzüge des darin enthaltenen Materials geeignet seyn dürfte, bei meteorologischen Untersuchungen vielfache Benutzung zu finden. Es ist diefs das *Beobachtungsjournal des Observatoriums auf dem Hohenpeifsenberg* während des 58 jährigen Zeitraums von 1792 bis 1850, welches auf Kosten unserer Academie eben im Druck erschienen ist [1]).

1) Der vollständige Titel ist: »Beobachtungen des meteorologischen Observatoriums auf dem Hohenpeifsenberg von 1792 bis 1850, herausgegeben von Dr. J. Lamont. (I. Supplement-Band zu den Annalen der Münchener Sternwarte.) München 1851.«

Der Berg, an dessen Spitze das genannte Observatorium nebst Pfarrhaus und Kirche steht, erhebt sich in Form eines Kegels auf einer Ebene südwestlich von Weilheim am Fuſse der Alpen; die Spitze ist 1200 pariser Fuſs über der Ebene, und 3000 Fuſs über der Meeresfläche. Die isolirte Lage dieses Berges und die Abwesenheit der sonst fast überall so nachtheilig einwirkenden Local-Einflüsse hatte die *Societas Palatina* bestimmt, ein meteorologisches Observatorium hier zu gründen, und Hemmer selbst stellte im Jahre 1780 die Instrumente auf.

Zu dem ersten Vorzuge der Beobachtungen, der aus der örtlichen Lage entsteht, kommt ein zweiter ebenso wichtiger Vorzug, daſs nämlich nicht bloſs die Instrumente selbst und ihre Aufstellung von 1780 an bis in die neueste Zeit unverändert geblieben sind, sondern auch dieselbe Beobachtungs-Methode den ganzen Zeitraum hindurch beibehalten wurde. Diejenigen, denen aus Erfahrung bekannt ist, welche Nachtheile für die Continuität einer Beobachtungsreihe aus den Aenderungen der Instrumente, der Aufstellung, der Beobachtungsweise hervorgehen, und wie wenige Beobachtungsreihen in dieser Hinsicht von Mängeln oder Unsicherheit frei sind, werden den eben erwähnten Umstand gehörig zu würdigen wissen.

Nach dieser Einleitung will ich nun zu meiner eigentlichen Aufgabe übergehen, und den *jährlichen Gang der Temperatur auf dem Hohenpeiſsenberge* darstellen, einmal weil ich glaube, daſs es nicht ohne Interesse seyn dürfte, die Constanten in einem Falle, wo keine Localeinwirkung stattfindet, kennen zu lernen, dann auch weil ich bei der Berechnungsweise auf mehrere und zwar, nicht unerhebliche Umstände Rücksicht nehmen will, welche, so viel mir bekannt, bisher entweder gar nicht oder in einer für den Calcul minder bequemen Weise berücksichtigt worden sind.

Die Temperatur einer bestimmten Stunde an dem Tage, wo die Länge der Sonne $=\varepsilon+mt$ ist, kann man bekanntlich ausdrücken durch die Formel:

$a + b \sin(\varepsilon + mt + B) + c \sin[2(\varepsilon + mt) + C] + \ldots$
a, b, c, B, C sind Constanten, t ist die Anzahl von Tagen, die seit dem 1. Januar verflossen, und m die mittlere Bewegung der Sonne $= 0°{,}985647$.

Würde man *bestimmte Tage des Jahres* zur Berechnung der Constanten anwenden können, so wäre die Formel in ihrer obigen Gestalt unmittelbar zu gebrauchen; diefs ist jedoch nicht der Fall, sondern man mufs, um Zahlen, die von zufälligen Einflüssen befreit sind, zu erhalten, die Mittelwerthe gewisser Zeitabschnitte berechnen, und aus diesen die obigen Constanten ableiten. Nimmt man das Mittel aus den Werthen der obigen Reihen für die Gesammtzahl der Tage von t bis $t+n$ so erhält man

$$a + \frac{\sin\frac{1}{2}(n+1)m}{(n+1)\sin\frac{1}{2}m} b \sin[\varepsilon + (t + \tfrac{1}{2}n)m + B]$$
$$+ \frac{\sin(n+1)m}{(n+1)\sin m} c \sin[2\varepsilon + 2(t + \tfrac{1}{2}n)m + C] + \ldots$$

Ich setze nun voraus, dafs die Constanten aus den monatlichen Mitteln, die ich mit I, II, III... XII bezeichnen will, berechnet werden sollen. Wären die Monate genau der 12te Theil des Sonnenumlaufs, so würde man die Constanten nach der Methode der kleinsten Quadrate durch Benutzung der allgemeinen bekannten Formeln (wie sie z. B. am Ende des II. Bd. von Dove's Repertorium zu finden sind) erhalten. Die eben erwähnte Bedingung findet jedoch nicht statt. Um hierauf Rücksicht zu nehmen, halte ich es für das Bequemste an den Monat-Mitteln die Correctionen anzubringen, die erforderlich sind, damit die Winkel $\varepsilon + (t + \frac{1}{2}n)m$ gleich 15°, 45°, 75° .... werden.

Nimmt man ein Schaltjahr und drei gemeine Jahre zusammen, so lassen sich die Correctionen folgendermafsen festsetzen:

Jan.	= − 1°,17	Mai	= + 0°,32	Sept.	= − 0°,43
Febr.	0 ,00	Juni	+ 0 ,25	Octbr.	− 0 ,50
März	+ 0 ,35	Juli	+ 0 ,18	Nov.	− 0 ,57
April	+ 0 ,40	Aug.	− 0 ,37	Dec.	− 0 ,63.

Man setze nun:

$$A = \mathrm{I} - \mathrm{XII} + \mathrm{VI} - \mathrm{VII} \qquad A' = \mathrm{I} + \mathrm{XII} - \mathrm{VI} - \mathrm{VII}$$
$$B = \mathrm{II} - \mathrm{XI} + \mathrm{V} - \mathrm{VIII} \qquad B' = \mathrm{II} + \mathrm{XI} - \mathrm{V} - \mathrm{VIII}$$
$$C = \mathrm{III} - \mathrm{X} + \mathrm{IV} - \mathrm{IX} \qquad C' = \mathrm{III} + \mathrm{X} - \mathrm{IV} - \mathrm{IX}.$$

$$D = \mathrm{I} + \mathrm{III} - \mathrm{IV} - \mathrm{VI} + \mathrm{VII} + \mathrm{IX} - \mathrm{X} - \mathrm{XII}$$
$$E = \mathrm{I} - \mathrm{III} - \mathrm{IV} + \mathrm{VI} + \mathrm{VII} - \mathrm{IX} - \mathrm{X} + \mathrm{XII}$$
$$F = \mathrm{I} - \mathrm{V} + \mathrm{VIII} - \mathrm{XII}.$$

$$M = A \sin 15^\circ + B \sin 45^\circ + C \sin 75^\circ \qquad P = D \sin 30^\circ + F \sin 90^\circ$$
$$N = A' \cos 15^\circ + B' \cos 45^\circ + C' \cos 75^\circ \qquad Q = E \cos 30^\circ$$

so hat man zur Bestimmung von b, c, B, C folgende Gleichungen

$$5{,}929\, b \cos B = 1{,}0006\, M - 0{,}0016\, N$$
$$5{,}929\, b \sin B = 0{,}0046\, M + 0{,}9994\, N$$
$$5{,}720\, c \cos C = P + 0{,}0001\, M - 0{,}0022\, N$$
$$5{,}720\, c \sin C = Q + 0{,}0053\, M - 0{,}0044\, N.$$

Wird ferner das arithmetische Mittel der 12 Monate mit a' bezeichnet, so hat man

$$a = a' + 0{,}00062\, M + 0{,}00058\, N$$

Die Beobachtungen auf dem Hohenpeifsenberge geben folgende monatliche Mittelwerthe [1]):

	7^h Mrg.	2^h Mitt.	9^h Ab.		7^h Mrg.	2^h Mitt.	9^h Ab.
Januar	− 2°,43	− 0°,83	− 2°,09	Juli	+ 11°,38	+ 14°,03	+ 11°,36
Febr.	− 1 ,65	+ 0 ,65	− 0 ,99	Aug.	10 ,94	13 ,71	11 ,22
März	− 0 ,22	2 ,91	+ 0 ,39	Sept.	8 ,29	11 ,07	8 ,83
April	+ 3 ,33	6 ,89	4 ,19	Oct.	4 ,9[illegible]	7 ,29	5 ,38
Mai	7 ,71	10 ,71	7 ,93	Nov.	+ 1 ,30	2 ,93	+ 1 ,65
Juni	9 ,99	12 ,52	9 ,89	Dec.	− 1 ,06	0 ,30	− 0 ,73

1) Das alte Mannheimer Thermometer, womit diese Bestimmungen erlangt worden sind, bedarf, nach einer von mir wiederholt vorgenommenen Untersuchung, einer Correction von — 0°,50. — Bei dieser Gelegenheit will ich auch bemerken, dafs die gewöhnlich in Lehrbüchern enthaltenen Regeln hinsichtlich der Festsetzung des Eispunktes zum Theil zu ungenauen Resultaten führen. Ich behalte mir vor später eine umständliche Mittheilung hierüber zu machen, um so mehr als der Gegenstand für die Meteorologie von wesentlichem Belange ist.

Daraus ergiebt sich nach den obigen Formeln für

7h Morg.		2h Mitt.	
$a=+4°,35$		$a=+6°,82$	
$b=-7,081$	$B=+69° 17'$	$b=-7,547$	$B=+73° 37'$
$c=+0,401$	$C=+37\ 6$	$c=+0,469$	$C=-40\ 8$

9h Ab.	
$a=+4°,72$	
$b=-6,879$	$B=+69° 40'$
$c=+0,318$	$C=-\ 6\ 36$

Schliefslich will ich noch bemerken, dafs die hier entwickelten Reihen zu einer ziemlich umfassenden Arbeit gehören, die ich unternommen habe, um zu entscheiden, in wie fern die Hohenpeifsenberger Beobachtungen eine Bestätigung der Untersuchung des Hrn. Buys-Ballot gewähren, wonach eine mit der Rotationszeit der Sonne zusammentreffende Periode in der Temperatur der Luft sich zeigen soll. Das Resultat hoffe ich demnächst bekannt machen zu können.

München, im Februar 1852.

XII. *Ueber die quantitative Bestimmung des Schwefels in organischen Substanzen; von W. Heintz.*

Die Methoden, welche bisher angewendet worden sind, um die Menge des Schwefels in organischen Substanzen zu bestimmen, geben, wie ich diefs schon in einem früheren Aufsatze dargethan habe [1]), nicht hinreichend genaue oder mindestens nicht sichere Resultate, weil sie die Bildung schwefelhaltiger flüchtiger Producte gestatten, welche sich schon bei einer Temperatur, bei welcher die zur Zersetzung angewendete organische Substanz sie noch nicht so zerstören konnte, um allen Schwefel an sich zu reifsen, verflüchtigen können. Nur die von Kemp vorgeschlagene Methode

1) Pogg. Ann. Bd. 71, S. 145.*

vermeidet diesen Uebelstand vollkommen, ist aber andererseits sehr unbequem. Sie schreibt nämlich vor, die schwefelhaltige Substanz in einem an einem Ende zugeschmolzenen Glasrohre mit einer Mischung von kohlensaurem und chlorsaurem Kali zu mengen und zu erhitzen. Sorgt man dafür, dafs das offene Ende des Rohrs, welches reines oder nur mit wenigem chlorsauren Kali gemischtes kohlensaures Kali enthält, zuerst ins Glühen gebracht wird, ehe die Mischung erhitzt wird, so kann keine Spur von Schwefel verloren gehen. Allein das kohlensaure Kali greift das Glas an, und man mufs, ehe man die erzeugte Schwefelsäure bestimmen kann, die Kieselsäure abscheiden, was namentlich deshalb seine Schwierigkeiten hat, weil die Menge des anzuwendenden kohlensauren Kalis nicht unbedeutend ist, weshalb die Verdunstung aller Feuchtigkeit aus der sauergemachten Lösung desselben mit Hülfe des Wasserbades äufserst langwierig ist.

Darum habe ich die in dem oben schon erwähnten Aufsatze beschriebene Methode geprüft, und ihre Brauchbarkeit erwiesen. Aber auch diese Methode hat einige Unbequemlichkeiten, namentlich wenn man die so sehr schwefelarmen Proteïnsubstanzen mit ihrer Hülfe auf ihren Schwefelgehalt untersuchen will. Von diesen mufs man nämlich, will man hinreichend genaue Resultate erhalten, mindestens 0,8 bis 1,0 Grm. zu dieser Untersuchung verwenden. Die blofse Verbrennung einer solchen Menge organischer Substanz würde aber, wenn man nicht Gefahr laufen will, dafs etwas schweflige Säure unabsorbirt durch die in dem Kugelapparate enthaltene Kalilösung hindurchströmt, mindestens 4 bis 5 Stunden dauern. Während dieser Zeit müfste man der Verbrennung stets sorgsame Aufmerksamkeit widmen. Aufserdem ist die Menge des anzuwendenden Kupferoxyds so bedeutend, dafs seine Lösung in Salzsäure und chlorsaurem Kali nicht wenig Zeit erfordert.

Deshalb wäre es sehr wünschenswerth, eine noch einfachere aber ebenso sichere Methode, den Schwefel in or-

ganischen Substanzen seiner Menge nach zu bestimmen, zu besitzen.

Die in neuerer Zeit von Debus [1]) beschriebene Methode befriedigt jedoch das Bedürfnifs durchaus nicht. Sie ist wohl noch umständlicher zu nennen, als die von mir beschriebene. Sie besteht im wesentlichen darin, dafs man sich zur Verbrennung der organischen Substanz eines Gemenges von zwei Aequivalenten neutralen chromsauren Kalis und einem Aequivalent kohlensauren Kalis bedient. Hierbei bildet sich jedoch schwefelsaures Chromoxyd, das sich nicht auflöst, und das durch Schmelzen mit kohlensaurem und chromsaurem Kali noch besonders aufgeschlossen werden mufs. Hieraus schon ist die Umständlichkeit der Methode ersichtlich.

Das Bedürfnifs einer bequemeren und doch auch sicheren Methode, den Schwefel in organischen Substanzen zu bestimmen, ist daher auch durch die Methode von Debus nicht befriedigt.

Ich kam auf den Gedanken, die von Bunsen [2]) beschriebene Methode, das Verhältnifs von Kohlenstoff und Stickstoff in einer organischen Substanz zu bestimmen, auch auf die Schwefelbestimmung anzuwenden, und das Resultat eines Versuchs war recht befriedigend. Derselbe wurde, wie folgt, ausgeführt:

In ein weites, an einem Ende in ein dünnes Rohr so ausgezogenes Verbrennungsrohr, dafs die Wände dieses letzteren auch an dieser Stelle möglichst dick erhalten wurden, bringt man die Mischung der Substanz mit nur wenig mehr Kupferoxyd, als zu ihrer vollständigen Verbrennung gerade hinreicht. Darauf zieht man auch das andere Ende des Rohrs in derselben Weise zu einem dünnen Rohre aus, und läfst nun Sauerstoffgas durch dasselbe strömen, bis die atmosphärische Luft entfernt ist. Darauf schmelzt man die Röhrchen an beiden Enden des

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd 76, S. 88.*

2) Supplem. zum Handwörterb. der reinen und angew. Chemie red. von H. Kolbe, S. 200.*

Verbrennungsrohrs ab, so dafs dieses luftdicht verschlossen ist. Dieses Rohr behandelt man genau so, wie es Bunsen angiebt. Man legt es in eine mit einer Mengung von Gypsbrei und klein geschnittenen Kuhhaaren gefüllte, aus zwei an einander prefsbaren Hälften bestehende cylindrische eiserne Hülse, die man in einem geeigneten Ofen einer andauernden mäfsigen Hitze aussetzt. Dadurch mufs die ganze Menge der organischen Substanz verbrennen, und es mufs sich schwefelsaures Kupferoxyd bilden, das zwar bei zu starker Hitze in schwefelige Säure, Sauerstoff und Kupferoxyd zerfallen könnte, sich aber beim allmäligen Erkalten durch Einwirkung der gebildeten schwefligen Säure auf das Kupferoxyd wieder erzeugen müfste. Unter Umständen könnte sich freilich auch schwefligsaures Kupferoxyd oder selbst Schwefelkupfer bilden. Nachdem das Ganze wieder erkaltet ist, reinigt man das Rohr sorgfältig von dem anhängenden Gyps und sprengt es aus einander, was am besten durch einen Feilstrich und Abbrechen auszuführen ist. Man schüttet nun die im Rohre befindliche Substanz in eine Schale, löst den Antheil derselben, welcher sich aus demselben nicht hat entfernen lassen, in einer heifsen Mischung von Salzsäure und chlorsaurem Kali auf, und giefst diese Lösung gleichfalls in die Schale. Das Rohr spült man mit dieser Mischung noch einige Male aus, worauf man durch Wärme die Lösung des Kupfers und Kupferoxyds in der Schale befördert. Ist diefs geschehen und die Lösung ganz klar, was der Fall seyn mufs, wenn das Kupferoxyd rein war, so kann man sie sogleich mit einer stark verdünnten Lösung von Chlorbaryum versetzen, und dadurch die gebildete Schwefelsäure als schwefelsaure Baryterde fällen, die auf bekannte Weise zur Wägung gebracht wird. Sollte jene Lösung dagegen nicht ganz klar seyn, so mufs sie erst filtrirt, und erst das Filtrat durch Chlorbaryum gefällt werden.

Auf diese Weise erhielt ich aus 0,2597 Grm. Taurin 0,483 Grm. schwefelsaure Baryterde. Diefs entspricht 0,0664

Grm. oder 25,57 Proc. Schwefel. Die Theorie verlangt 25,60 Proc.

Die Uebereinstimmung des gefundenen Resultats mit der Berechnung kann nicht genauer seyn. Demnach war es nur zweifelhaft, ob es gelingen würde, so grofse Mengen organischer Substanz, als man zur Bestimmung der Menge des Schwefels in den Proteïnsubstanzen anwenden müfste, auf diese Weise zu verbrennen, ohne Gefahr zu laufen, dafs die sich bildenden Gase ungeachtet des umhüllenden Gypses das Glasrohr zersprengten. Mehrere Versuche überzeugten mich, dafs bei den Dimensionen, welche ich dem zur Verbrennung dienenden Rohre geben konnte, der Versuch nicht gelingen könne. Es ist aber nicht zu bezweifeln, dafs wenn man bei Verbrennung von etwa 0,8 Grm. einer Proteïnsubstanz dem Verbrennungsrohr ein Volumen von etwa 1000 Kubikcentimetern giebt, der Versuch gelingen mufs, denn in diesem Falle kann der Druck von Innen nach Aufsen nicht so grofs seyn, um das Rohr zu zersprengen. Freilich mufs man dafür Sorge tragen, dafs die Hitze nicht zu grofs wird. Denn sonst würde ein Ausblasen des Rohrs ungeachtet des umhüllenden Gypses stattfinden können. Man hat nicht leicht zu befürchten, zu geringe Hitze anzuwenden, da das Sauerstoffgas, womit das Rohr gefüllt ist, schon bei gelinder Wärme unter starker Wärmeentwicklung die organische Substanz vollständig verbrennen mufs.

Da jedoch die Apparate zu einer so auszuführenden Analyse nicht in Jedermanns Händen sind, und man namentlich die zur Verbrennung dienenden Glasröhren erst besonders in der Glashütte würde anfertigen lassen müssen, so habe ich noch eine andere Abänderung der von mir früher angegebenen Methode geprüft, und sie vollkommen brauchbar gefunden. Sie ist folgende:

Ein etwa 3 bis 4 Fufs langes Verbrennungsrohr wird an dem einen Ende zugeschmelzt. Etwa 12 Zoll von diesem Ende biegt man es, ohne es wesentlich zu verengen, in einen Bogen, so dafs die Schenkel, welche an diese

Biegung stofsen etwa einen Winkel von 90° bis 100° bilden. Etwa 4 Zoll von dieser Biegungsstelle biegt man das Rohr auf dieselbe Weise noch einmal jedoch nach der entgegengesetzten Richtung hin, so dafs der erste und letzte Schenkel nahezu parallel sind. Sie müssen nach der Mündung des Rohrs hin ein wenig convergiren. Ist diefs geschehen, so schüttet man in das Rohr die sorgfältig mit Kupferoxyd gemischte, vorher genau gewogene Substanz. Das Kupferoxyd, welches man benutzt, mufs natürlich gänzlich von Schwefelverbindungen frei seyn. Zu der erwähnten Mischung wendet man etwa so viel Kupferoxyd an, als zur vollständigen Verbrennung der organischen Substanz genügen würde. Durch Neigen und Klopfen des Rohrs gelingt es fast die ganze Menge der Mischung in den Schenkel zu bringen, welcher sich dem zugeschmolzenen Ende zunächst befindet. Mit wenig Kupferoxyd spült man die organische Substanz nach; wiederholt diefs aber so oft, bis man etwa noch einmal so viel dieses Oxydes in das Rohr gebracht hat, als zur vollständigen Verbrennung der angewendeten Substanz nöthig wäre. Man sorgt dafür, dafs die zuletzt eingebrachte Kupferoxydportion sich nicht mit der Mischung mengt.

Darauf zieht man das offene Ende des Rohrs zu einem dünnen Rohr aus, so dafs das Ganze die Form der Fig. 5 Taf. II. erhält. Man vertheilt nun die Mischung der Substanz und das Kupferoxyd in dem Schenkel *c* so, dafs dieses vor jenem zu liegen kommt und fast dieser ganze Schenkel davon eingenommen ist. Durch die Oeffnung *a* giefst man nun etwa 20 bis 40 Grm. (je nachdem man wenig oder viel der organischen Substanz zur Untersuchung genommen hat) einer ziemlich starken von allen Schwefelverbindungen freien Kalihydratlösung so in das Rohr, dafs diese Flüssigkeit nur den zunächst befindlichen längsten Schenkel desselben *b* benetzen kann. In dieser Lage bringt man den Schenkel *c*, welcher die Substanz enthält, in einen Liebig'schen Ofen oder über eine Verbrennungslampe. Darauf spült man aus dem Röhrenende *a*

durch destillirtes Wasser die Kalilösung fort, trocknet es mit Hülfe von Fliefspapier und gelinder Wärme, und biegt es dann, ohne im übrigen die Lage der Schenkel *b* und *c* zu verändern, an der verdünnten Stelle so um, dafs die Mündung *a* nach unten gekehrt ist. Die Form des Rohrs ist daher nun die durch Fig. 2 Taf. II. dargestellte. Die Mündung *a* wird in ein Bechergläschen eingesenkt, so dafs sie durch eine kleine Menge darin enthaltener Kalilösung gesperrt wird. Man bringt nun das Kupferoxyd zum Glühen, und erhitzt dann allmälig die Mengung desselben mit der organischen Substanz. Die Verbrennung darf so schnell geleitet werden, dafs sie, bei Anwendung von etwa 0,8 bis 1,0 Grm. Substanz, etwa in einer Stunde vollendet ist. Die sich bildende Kohlensäure und schweflige Säure werden schon von der im Rohre befindlichen Kalilauge absorbirt und nur das Stickstoffgas tritt durch das in dem Bechergläschen befindlichen Kali aus. Dieses riecht freilich noch etwas brenzlich, enthält aber keinen Schwefel, wie diefs die Resultate der von mir ausgeführten Versuche beweisen. Bei der beschriebenen Vorrichtung des Verbrennungsrohrs kann auch nicht ein Verlust in Form von Schwefelsäure stattfinden, die sich, wenn der Apparat aus mehreren Theilen bestände, an den Verbindungsstellen derselben, dem Kork oder Kautschoukrohre, ansammeln und durch Einziehen in dieselben verloren gehen könnte.

Ist die Verbrennung vollendet und das Rohr erkaltet, so bespritzt man die dem glühenden Schenkel zunächst befindliche Biegung desselben, nachdem sie erhitzt worden ist, mit Wasser, wodurch es hier aus einander gesprengt wird. Gegen jeden Substanzverlust hierbei kann man sich leicht schützen. Darauf schüttet man das Gemisch von Kupfer und Kupferoxyd in eine geräumige Porcellanschale, löst den Rest desselben, welchen man nicht hat aus dem Rohre entfernen können, innerhalb desselben in einer heifsen Mischung von chlorsaurem Kali und Salzsäure auf und übergiefst damit das ausgeschüttete Kupferoxyd, während die Schale mit einem uhrglasförmigen Deckglase be-

deckt ist. Die Kalilösung, sowohl die, welche sich in dem Rohre selbst befand, als auch die, durch welche die ausströmenden Gase hindurchstreichen mufsten, tröpfelt man allmälig in eine heifse Lösung von chlorsaurem Kali und Salzsäure, mischt diese Flüssigkeit zu der in der Schale befindlichen hinzu und erhitzt die Masse, bis die Lösung erfolgt ist. Sollte die Lösung nicht ganz klar seyn, so filtrirt man sie, fällt dann die Schwefelsäure durch Chlorbaryum und bestimmt die Menge des schwefelsauren Baryts auf die bekannte Weise.

Nach dieser Methode habe ich mehrere Versuche mit Fibrin und einen mit Taurin ausgeführt, welche zu sehr befriedigenden Resultaten geführt haben. Ich mufs jedoch vorher bemerken, dafs das zu diesen Versuchen verwendete Kupferoxyd nicht ganz frei von Schwefel war. Obgleich nämlich das metallische Kupfer und die Salpetersäure, welche zu seiner Darstellung gedient hatten, vollkommen von Schwefelverbindungen frei waren, so enthielt dennoch das Kupferoxyd eine Spur davon, die ohne Zweifel Schwefelsäure- oder Schwefelwasserstoffdämpfen, welche während seiner Darstellung in dem Laboratorium erzeugt worden seyn mochten, ihren Ursprung verdankt. Ich habe bei den folgenden Versuchen diese Menge auf eine einfache Weise in Abzug gebracht. Ich wendete nämlich zu denselben gewogene Mengen Kupferoxyd an und bestimmte durch einen besonderen Versuch den Schwefelgehalt desselben. 15 Grm. desselben lieferten nämlich, nachdem sie in Salzsäure und chlorsaurem Kali gelöst und die Lösung durch Chlorbaryum gefällt worden war, 0,030 Grm. schwefelsaure Baryterde. Die Menge des bei den folgenden Versuchen angewendeten Kupferoxyds betrug stets 15 Grm., es mufsten demnach von der gefundenen Menge schwefelsaurer Baryterde 0,03 Grm. abgezogen werden.

I. 0,827 Grm. Fibrin gaben nach Abzug jener 0,03 Grm. 0,0957 Grm. schwefelsaure Baryterde. Diefs entspricht 0,0131 Grm. oder 1,58 Proc. Schwefel.

II. Aus 0,8345 Grm. desselben Fibrins wurden erhalten

0,0991 Grm. schwefelsaure Baryterde, entsprechend 0,0136 Grm. oder 1,63 Proc. Schwefel.

III. 0,8115 Grm. von demselben Fibrin lieferten 0,0933 Grm. schwefelsaure Baryterde, entsprechend 0,0128 Grm. oder 1,58 Proc. Schwefel.

IV. 0,6713 Grm. Taurin gaben 1,254 Grm. schwefelsaure Baryterde. Diefs entspricht 0,1724 Grm. oder 25,68 Proc. Schwefel.

Die Uebereinstimmung der drei ersten Versuche unter sich, sowie der Umstand, dafs nach dieser Methode mehr Schwefel in dem Fibrin gefunden worden ist, als man bisher darin angab, deuten schon auf die gröfsere Genauigkeit derselben hin. Aber der vierte Versuch zeigt entschieden, dafs bei Anwendung derselben kein Verlust von Schwefel eintreten kann. Denn der gefundene procentische Gehalt des Taurins an Schwefel 25,68 stimmt so nahe, als man es nur erwarten kann, mit dem berechneten (25,60 Proc.) überein.

Ich habe nur noch hinzuzufügen, dafs der unter III. angegebene Versuch in sofern etwas abgeändert worden war, als in die zugeschmolzene Spitze des Verbrennungsrohrs, bevor die Substanz eingebracht wurde, so viel chlorsaures Kali eingeschmelzt worden war, als fast zur vollständigen Verbrennung der organischen Substanz genügt haben würde. Nach vollendeter Verbrennung wurde durch Erhitzen desselben das reducirte Kupfer wieder in Kupferoxyd verwandelt. Ich hoffte dadurch leichtere Auflöslichkeit des Inhalts des Rohrs zu erzielen. Es fand jedoch gerade das Gegentheil statt. Durch die bei jener Oxydation erzeugte starke Hitze schmilzt oder sintert wenigstens das Kupferoxyd so zusammen, dafs es sich nur sehr langsam auflöst. Ich bin daher bei der oben beschriebenen Methode stehen geblieben.

XIII.

XIII. *Ueber ein neues Verfahren bei der Abscheidung des Arseniks aus organischen Substanzen.*

Die Ausscheidung des Arseniks aus organischen Substanzen, besonders wenn diese schon in Fäulnifs übergegangen sind, wie diefs namentlich bei ausgegrabenen Leichnamen der Fall ist, ist auch noch jetzt sehr umständlich, und kann, wenn sie von einem Ungeübten ausgeführt wird, leicht zu unrichtigen Resultaten Veranlassung geben.

Die Zerstörung der organischen Stoffe vermittelst oxydirender Substanzen kann selten so vollkommen geschehen, dafs nicht durch die Gegenwart des noch unzerstörten organischen Stoffs Täuschungen in dem Verhalten gegen Reagentien entstehen können. Es ist bekannt, dafs Fleisch, wenn es viel Fett enthält, mit Salpetersäure behandelt, eine Flüssigkeit geben kann, welche auch bei Abwesenheit von Arsenik vermittelst Schwefelwasserstoffgas einen gelben Niederschlag giebt, der viel Aehnlichkeit mit dem Schwefelarsenik hat.

Hr. Schneider, Privatdocent an der Universität zu Wien, hat eine Methode zur Isolirung des Arseniks, wenn dasselbe mit grofsen Mengen organischer Substanz gemengt ist, bekannt gemacht [1]), welche sehr zweckmäfsig zu seyn scheint. Sie beruht auf der Eigenschaft der arsenichten Säure bei Gegenwart von Chlormetallen und Schwefelsäure sich in Chlorarsenik zu verwandeln, das sich mit den Dämpfen der Chlorwasserstoffsäure schon bei einer Temperatur unter 100° C. verflüchtigt. Durch Destillation kann man daher das gebildete Chlorarsenik von den organischen Stoffen leicht trennen.

Vielfache Versuche haben gezeigt, dafs die Gegenwart organischer Substanzen, selbst wenn diese in überwiegender Menge vorhanden sind, die Bildung des Chlorarseniks nicht hindern, und dafs alle arsenichte Säure auf diese

1) Berichte der Academie der Wissenschaften zu Wien. 1851.

Weise von der organischen Substanz isolirt erhalten werden kann. Die Bedingungen des Gelinges sind, dafs das Arsenik oxydirt oder als Chlorid, und dafs eine andere oxydirende Substanz nicht vorhanden sey. So destillirt z. B. wenn viel Salpetersäure vorhanden ist, kein Chlorarsenik ab.

Die Operation wird auf folgende Weise ausgeführt: Man bringt die zu untersuchende Substanz, in grobe Stücke zerschnitten, in eine tubulirte Retorte, fügt Stücke von geschmolzenem Chlornatrium hinzu, und soviel Wasser, dafs das Gemenge mit letzterem überdeckt wird. In dem Tubus der Retorte bringt man eine Welter'sche Trichterröhre an, um concentrirte Schwefelsäure in kleinen Portionen eintragen zu können. Mit der Retorte verbindet man einen kleinen tubulirten Ballon, und diesen vermittelst einer zweischenklichten Glasröhre mit einem Kölbchen. Der Ballon ist leer, das Kölbchen enthält etwas destillirtes Wasser und wird gut abgekühlt, um die Absorption der Chlorwasserstoffsäure zu begünstigen. Man erwärmt die Retorte sehr langsam. Gewöhnlich steigt zuerst ein weifser dichter Nebel auf, der in dem Retortenhalse zu öligten Tropfen zusammenfliefst und in dem Ballon sich zu einer schweren Flüssigkeit verdichtet, zugleich destillirt wäfsrige Chlorwasserstoffsäure ab. Sehr fettreiche Substanzen geben zuweilen bei dieser Operation einen flüchtigen Körper ab, der in dem gut abgekühlten Kölbchen zu weifsen Schüppchen sich verdichtet. Man setzt das Kochen so lange fort, als eine vom Destillat genommene Probe mit Schwefelwasserstoffwasser eine gelbe Färbung erzeugt. Vortheilhaft ist es eher überschüssiges Kochsalz, als überschüssige Schwefelsäure in der Retorte zu haben, weil dadurch die Entstehung von schweflichter Säure vermieden wird, welche das Destillat zur unmittelbaren Untersuchung im Marsch'schen Apparat ungeeignet macht. Aus demselben Grunde ist es auch anzurathen, mit Wasser einen dünnflüssigen Brei zu bilden. Geschmolzenes Chlornatrium giebt eine constantere, und länger anhaltende Gasentwick-

lung; übrigens erhält man auch mit gewöhnlichem Kochsalz gute Resultate. Bei einer genügenden Menge Wasser findet immer ein nur mäſsiges Aufschäumen statt, und die Destillation geht ruhig ohne besonderes Aufstoſsen vor sich. In dem Rückstande in der Retorte läſst sich, nach vollkommener Zerstörung der organischen Substanz, vermittelst des Marsch'schen Apparats kein Arsenik nachweisen. Da also die Isolirung des letzteren vollkommen gelingt, so eignet sich diese Methode auch zur quantitativen Bestimmung des Arseniks, welche von den gerichtlichen Behörden verlangt wird. Man braucht nur die abdestillirte Flüssigkeit vermittelst Salpetersäure oder besser vermittelst chlorsaurem Kalis sehr vorsichtig zu oxydiren, um die so erhaltene Arseniksäure als arseniksaure Ammoniak-Magnesia zu fällen. Ist man sicher, keine organische Substanz im Destillate zu haben, was bei vorsichtiger Destillation gewöhnlich der Fall ist, so kann auch vermittelst Natriumgoldchlorids aus der Menge des gefällten Goldes der Gehalt der Flüssigkeit an arsenichter Säure berechnet werden.

Die Ausmittlung des Arseniks nimmt nach diesem Verfahren nicht viel mehr als anderthalb oder zwei Stunden in Anspruch.

XIV. *Ueber den Childrenit; von C. Rammelsberg.*

Zu den seltensten und in chemischer Beziehung fast ganz ungekannten krystallisirten Mineralien gehört der *Childrenit,* welcher auf einem Gang der George- und Charlotte-Grube bei Tavistock in Devonshire, begleitet von Spatheisenstein, Quarz und Kupferkies vorkommt, und nur noch bei Callington in Cumberland sich gefunden haben soll.

Durch gefällige Mittheilung des Minerals von Seiten der HH. Brooke, Krantz und Lettsom bot sich die

Gelegenheit, die Eigenschaften dieser Substanz näher untersuchen.

Die Krystalle bestehen vorherrschend aus einem Rhoı benoktaëder, dessen Winkel, nach den Messungen vı Brooke[1]), in den Seitenkanten $=97°50'$, in den schärl ren Endkanten $=120°30'$ und in den stumpferen $=130°2$ sind. Nimmt man diefs als das Hauptoktaëder $a:b:c$, ; sind die Winkel der drei zugehörigen Paare:

$a:b:\infty c = 112°$ 6′ an a, und 67° 54′ an b
$b:c:\infty a = 114$ 50 » c, » 65 10 » b
$a:c:\infty b = 92$ 48 » c, » 87 12 » a.

Diese Prismen sind indessen an den Krystallen noı nicht beobachtet worden. Aus ihnen folgt das Axenverhältni

$$a:b:c = 0{,}67113:1:0{,}63912$$

d. h. annähernd ist $a=c$, und jedes $=\frac{2}{3}b$.

Die Krystalle zeigen aufserdem die Endfläche $=c:\infty:\infty b$, ferner $b:\infty a:\infty c$, sowie eine auf letztere aufgı setzte Zuschärfung $=b:3c:\infty a$, welche unter 62° 2 gegen die Axe b geneigt ist. Endlich beobachtet man ei stumpferes Oktaëder, dessen Combinationskanten mit deı Hauptoktaëder den Seitenkanten des letzteren parallel gı hen. Da die Neigung in jenen Kanten $=173°37'$ ist, s ergiebt sich das Zeichen $a:b:\frac{4}{5}:c$, und es sind die Wiı kel in den Seitenkanten $=85°3'$, in den schärferen Enı kanten $=111°42'$, und in den stumpferen $=135°56'$.

Die Krystalle sind spaltbar nach $a:b:c$ und $b:\infty a:\infty$ı Ihre Farbe ist gewöhnlich gelbbraun, schwarzbraun, schwärı lich. Sie sind durchsichtig, besitzen lebhaften Glasglan eine Härte $=5$, und geben ein gelbliches Pulver. Si haben in der Regel nur eine geringe Gröfse, und sitze drusenartig vereinigt oder als Ueberzug auf Spatheisensteiı der mit Quarz, Kupferkies und Eisenkies verwachsen ist

Das specifische Gewicht fand ich an grobem Pulve $=3{,}28$, und bei einem zweiten Versuch mit möglichst re nem Material $=3{,}247$.

1) *Quart. Journ. of Sc. XVI.* 274. Haidinger in diesen Ann. Bd. ! S. 163.

Chemische Untersuchung.

Unsere Kenntnisse von der chemischen Natur des Childrenits beschränken sich bisjetzt auf die Angabe Wollaston's, dafs das Mineral Phosphorsäure, Thonerde und Eisen enthalte. Eine Analyse ist mir nicht bekannt geworden.

Beim Erhitzen giebt der Childrenit ziemlich viel Wasser. Vor dem Löthrohre schwillt er zu einzelnen Verästelungen auf, färbt die Flamme deutlich blaugrün, und bildet eine zerklüftete theils schwarze, theils braunrothe an den Kanten abgerundete Masse. Mit Flüssen reagirt er auf Eisen und Mangan.

In Chlorwasserstoffsäure löst sich das feine Pulver bei anhaltender Digestion auf; gewöhnlich bleibt dabei ein geringer hauptsächlich aus Quarz bestehender Rückstand. Die Auflösung erhält zuletzt eine schwach gelbliche Farbe. Ammoniak bewirkt in ihr einen voluminösen dunkel schwärzlich-grünen Niederschlag, welcher an der Luft braun wird, und aus Phosphorsäure, Thonerde und den Oxyden des Eisens und Mangans besteht. In dem Filtrat findet man nur Phosphorsäure, kein Alkali. Eine frisch bereitete Auflösung des Minerals reagirte stark auf Eisenoxydul, schwach auf Eisenoxyd.

Beim Glühen in einem bedeckten Platintiegel verliert der gepulverte Childrenit sein Wasser. In einem Versuche, wo das Material nicht frei von Kupferkies war, betrug der Gewichtsverlust 16,35 Proc., während etwas schweflige Säure entwich. Bei Anwendung möglichst reinen Materials war jener = 16,30 Proc. Das geglühte Pulver ist blauroth, im Innern schwarz; durch Zutritt von Luft beim Glühen wird es durchgängig roth.

Der Gewichtsverlust ist gleich dem Wassergehalt des Minerals weniger dem Sauerstoff, welchen das Eisenoxydul (und das Manganoxydul) bei seiner Verwandlung in Oxyd aufgenommen hat.

Da die Childrenitkrystalle sehr fest auf ihrer Unterlage von Spatheisenstein, Quarz und Kupferkies aufsitzen, so

ist es schwierig, eine hinreichende Menge ziemlich rein abzusondern.

Bei der ersten Analyse wurde das geglühte Mineralpulver mit kohlensaurem Natron geschmolzen und wie ein Silicat behandelt. Der durch Ammoniak gefällte Niederschlag wurde wiederholt mit Kali ausgekocht, und sodann mit Ammoniumsulfhydrat digerirt, um alle Phosphorsäure auszuziehen. Aus der Kaliauflösung fällte man nach dem Uebersättigen durch Chlorwassersäure mit Ammoniak phosphorsaure Thonerde, bestimmte im Filtrat den Rest der Phosphorsäure, löste den geglühten Niederschlag in Säure auf, und schlug durch Chlormagnesium die Phosphorsäure nieder.

1,229 Grm. gaben auf diese Art:

Kieselsäure	3,82	oder
Phosphorsäure	28,24	29,36
Thonerde	18,06	18,77
Eisenoxydul	29,58	30,75
Manganoxydul	5,89	6,12
Kupferoxyd	0,65	0,66
Glühverlust	16,35	17,00
	102,59.	102,66.

Bei einer zweiten Analyse wurden zuvörderst 0,454 geglüht, wobei sie 0,074 verloren.

Sodann digerirte man 2,804 Grm. mit Chlorwasserstoffsäure, wobei 0,113 Rückstand blieben. Die im Wasserbade abgedampfte Auflösung wurde mit Ammoniak und Schwefelammonium behandelt, der Rückstand in Säure aufgelöst, die Lösung oxydirt, mit Ammoniak gefällt, und der geglühte Niederschlag durch Schmelzen mit Kieselsäure und kohlensaurem Natron analysirt.

Nach Abzug des Rückstandes gab diese mit reinerem Material ausgeführte Analyse:

			Sauerstoff.
Phosphorsäure	28,92		16,20
Thonerde	14,44		6,74
Eisenoxydul	30,68	6,81	
Manganoxydul	9,07	2,03	8,89
Talkerde	0,14	0,14	
Wasser	16,98		15,09
	100,23.		

Die Sauerstoffmengen stehen hier in dem Verhältnifs von 2,4 : 1 : 1,32 : 2,24. Setzt man dafür 2,5 : 1 : 1,32 : 2,5 = 15 : 6 : 8 : 15, wozu man um so mehr berechtigt ist, als der Glühverlust nicht den ganzen Wassergehalt geben konnte, so besteht der Childrenit aus 8 At. $\dot{R}$, 2 At. Thonerde, 3 At. Phosphorsäure und 15 At. Wasser, und läfst sich als

$$(2\dot{R}^4\dddot{\ddot{P}}+\dddot{Al}^2\dddot{\ddot{P}})+15\dot{H}$$

bezeichnen.

Das erste Glied dieser Formel ist in dem *Triphylin* enthalten (s. die nachfolgende Abhandlung), angeblich bildet es auch den *Triplit*. Das zweite Glied bildet mit einem Drittel des Wassergehaltes den *Kalait*.

XV. *Ueber den Triphylin von Bodenmais;* *von C. Rammelsberg.*

Fuchs hat dieses durch seinen Lithiongehalt ausgezeichnete Phosphat zuerst beschrieben und untersucht [1]). Später ist die Analyse nur von Baer wiederholt worden [2]), allein beide Untersucher haben sehr abweichende Resultate gefunden:

1) Journ. f. pract. Chem. Bd. 3, S. 98.

2) Archiv der Pharm. Bd. 57, S. 274. Auch a. a. O. Bd. 47, S. 462.

	Fuchs.	Baer.
Phosphorsäure	41,47	36,36
Eisenoxydul	48,57	44,52
Manganoxydul	4,70	5,76
Kalkerde	—	1,00
Talkerde	—	0,73
Lithion	3,40	5,09
Natron	—	5,16
Kali	—	1,19
Wasser	0,68	—
Kieselsäure	0,53	1,78
	99,35.	101,59.

Die Methode, deren sich Fuchs zur Bestimmung des Alkalis bediente (Zusammenreiben des Mineralpulvers mit salpetersaurem Silberoxyd und Wasser) ist unstreitig nicht genau. Von dem schwefelsauren Salz bemerkt er nur, dafs es alle Eigenschaften des schwefelsauren Lithions habe. Da indessen dieses Alkali fast immer von Natron begleitet wird, so mufste eine erneuerte Untersuchung darauf Rücksicht nehmen.

Der Triphylin wurde theils mit kohlensaurem Natron geschmolzen, um Phosphorsäure, Eisen und Mangan möglichst genau zu bestimmen, theils in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, mit Ammoniak und Ammoniumsulfhydrat digerirt, das Filtrat abgedampft, der bis zur fast vollständigen Entfernung der Ammoniaksalze erhitzte Rückstand aufgelöst, mit essigsaurem Bleioxyd und kohlensaurem Ammoniak zur Abscheidung der Phosphorsäure behandelt, Lithion und Natron aber als Chlorüre durch Aether-Alkohol getrennt.

Das spec. Gew. des Triphylins fand ich = 4,403.

Die Resultate von vier Versuchen sind:

	1.	2.	3.	4.
Phosphorsäure	39,35	41,32	40,22	41,98
Eisenoxydul	41,42	42,15	37,30	39,01
Manganoxydul	9,43	8,11	10,98	10,69
Lithion	7,08		7,48	
Natron	1,07		1,83	
Kali	0,35		0,82	
Wasser	1,28		—	
Kieselsäure	—	0,09	0,40	
	99,98.		99,03.	

Das Mittel ist:

			Sauerstoff.	
Phosphorsäure	40,72		22,82	
Eisenoxydul	39,97	8,87	11,06	15,53
Manganoxydul	9,80	2,19		
Lithion	7,28	4,00	4,87	
Natron	1,45	0,37		
Kali	0,58	0,10		
Kieselsäure	0,25			
	100,05.			

Baer's Analyse scheint demnach auch in Betreff der Alkalien unrichtig zu seyn.

Da 22,82 : 15,53 = 5 : 3,4 = 23 : 17, so läfst sich der Triphylin als ein Doppelsalz

$$3\dot{R}^3\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}+2\dot{R}^4\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}$$

bezeichnen. Wenig davon abweichend, und der Analyse 1. vollkommener entsprechend ist das Verhältnifs 25 : 17,5 = 5 : 3,5, welches zu der einfacheren Formel

$$\dot{R}^3\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}+\dot{R}^4\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}$$

führt. Fuchs hat das erste Glied allein als den Ausdruck seiner Analyse gegeben.

Die Substanz des Triphylins findet sich häufig im mehr oder minder verwitterten Zustande; alsdann sind Eisen und Mangan als Oxyde, die Alkalien nur in geringer Menge oder gar nicht mehr vorhanden, dafür aber ist Wasser aufgenommen.

So beschreibt Dana[1]) Krystalle, welche in Begleitung von Spodumen bei Norwich in Massachusets vorkommen, und als schwarze Prismen erscheinen, deren Kantenwinkel 128° bis 134° gefunden wurde. Die Neigung der Endfläche gegen die Prismenkante wurde bald 80° bis 97°, bald 90° gemessen. Sie zeigen oft parallel der letzteren vollkommene Spaltbarkeit. Ihre Härte ist = 5 oder etwas gröfser, ihr Strich blauroth. Ihr spec. Gew. beträcht 2,876. Vor dem Löthrohr schmelzen sie leicht unter Aufschwellen

1) *Sill. Amer. Journ. of Sc. II. Ser. XI.* 100.

zu einer schwarzen Masse. Nach zwei Analysen von Craw enthalten sie:

	a.	*b.*	Mittel.		Sauerstoff.	
Phosphorsäure	41,35	44,64	43,00		24,10	
Eisenoxyd	27,36	26,02	26,69	8,01	15,27	17,00
Manganoxyd	24,70	23,30	24,00	7,26		
Kalkerde	1,97	1,61	1,79	0,51	1,73	
Lithion	2,27	2,20	2,23	1,22		
Wasser	2,07	2,07	2,07			1,84
Unlösliches	0,29	0,30	0,30			
	100,01	100,14	100,08.			

Ein anderes natronhaltiges Phosphat, welches zu Chanteloub bei Limoges vorkommt, und von Damour mit dem Namen *Alluaudit* belegt worden ist[1]), nelkenbraune Farbe, ein spec. Gew. = 3,468 besitzt, und sich in Chlorwasserstoffsäure unter Entwicklung von Chlor auflöst, hat nach Damour eine ähnliche Zusammensetzung, nämlich:

Phosphorsäure	41,25
Eisenoxyd	25,62
Manganoxyd	26,73
Natron	5,47
Wasser	2,65
Kieselsäure	0,60
	102,32.

Das an dem Fundort des Triphylins durch Verwittern desselben entstandene schwarze Mineral enthält indessen kein Alkali, sondern besteht nach Fuchs aus:

Phosphorsäure	35,70
Eisenoxyd	48,17
Manganoxyd	8,94
Wasser	5,30
Kieselsäure	1,40
	99,51.

Der sogenannte *Triplit* von Limoges ist nach Berzelius wasserfrei und enthält beide Metalle als Oxydule;

1) *Ann. Mines, IV. Ser. XIII.*, *p.* 341.

er ist $=\dot{R}^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$, eine Verbindung, welche im Triphylin (und im Childrenit) enthalten ist.

Die mit dem Namen *Heterosit* bezeichnete Substanz von Limoges scheint im frischen Zustande äufserlich dem Triphylin sehr zu gleichen. Dufrénoy hat sie untersucht, und ich habe ein bräunlich violettes Mineral von demselben Fundort, welches vielleicht mit jenem identisch, nur noch mehr verwittert ist, und ein spec. Gew. $=3{,}41$ besitzt, analysirt.

	D.		R.
Phosphorsäure	41,77		32,18
Eisenoxydul	34,89	Oxyd	31,46
Manganoxydul	17,57	Oxyd	30,01
Wasser	4,40		6,35
Kieselsäure	0,22		—
	98,85.		100.

Dufrénoy's Heterosit entspricht der Formel $3\dot{R}^5\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}^2 + 5\dot{H}$, der meinige hingegen $\dddot{R}^7\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}^4 + 6\dot{H} = (2\dddot{R}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + \dddot{R}^3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}^2) + 6\dot{H}$. Diese letztere Mischung ist dadurch bemerkenswerth, dafs die Oxydulverbindung, durch deren Oxydation sie wahrscheinlich entstanden ist, $\dot{R}^7\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}^2 = \dot{R}^3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + \dot{R}^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ seyn würde, was aber die oben von mir vorgeschlagene Formel des Triphylins ist.

XVI. *Ueber die Umwandlung der schwefelsauren Alkalien in Chlormetalle; von H. Rose.*

Man erhält bei den meisten quantitativen Analysen die beiden Alkalien Kali und Natron als schwefelsaure Salze. Wenn man sie dann vermittelst Platinchlorids von einander trennen will, so gehört bei der Trennung derselben im schwefelsauren Zustande mehr Vorsicht und Sorgfalt, als wenn die Alkalien als Chlormetalle angewandt werden können,

und dessen ungeachtet giebt die Trennung nicht so genaue Resultate, wie die Trennung der Chlormetalle. Man verwandelt daher in den meisten Fällen die schwefelsauren Alkalien in Chlormetalle, und bewirkt dann die Trennung vermittelst Platinchlorids genau und ohne Schwierigkeiten.

Diese Umwandlung kann auf verschiedene Weise geschehen, aber immer ist sie zeitraubend und mit Unannehmlichkeiten verknüpft. Gewöhnlich zersetzt man die schwefelsauren Alkalien vermittelst essigsaurer Baryterde in essigsaure Salze, dann in kohlensaure, und diese endlich in Chlormetalle. Jeder analytische Chemiker, der diese Methode ausgeführt hat, weifs aber, dafs die Abscheidung der schwefelsauren Baryterde in diesem Falle schwierig ist; sie hat, wenn sie durch essigsaure Baryterde gefällt worden, eine grofse Neigung milchicht durchs Filtrum zu gehen, weshalb die Abscheidung derselben sehr zeitraubend ist.

Eine leichtere Umwandlung der schwefelsauren Alkalien in Chlormetalle gelingt bei Anwendnng von Salmiak. Ich habe vor einiger Zeit gezeigt, dafs das schwefelsaure Kali sich durch Glühen mit Salmiak in Chlorkalium verwandeln lasse, und dafs die Umwandlung auch ein genaues Resultat giebt, wenn das Glühen des Gemenges in einem Porcellantiegel, aber nicht in einem Platintiegel vorgenommen wird [1]).

Das schwefelsaure Natron läfst sich auf dieselbe Weise wie das schwefelsaure Kali in Chlormetall verwandeln. Beim Glühen des Gemenges von schwefelsaurem Natron mit Salmiak in einem Platintiegel bemerkt man ganz dieselben Erscheinungen, wie sie das Gemenge von schwefelsaurem Kali mit Salmiak zeigt. Da beim ersten Glühen des Gemenges nur ein Theil des schwefelsauren Alkalis zersetzt wird, so ist der Rückstand leicht schmelzbar, da eine Mengung von schwefelsaurem Alkali und von alkalischem Chlormetall weit leichter schmilzt, als jedes der Ge-

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 568.

mengtheile allein. Es ist deshalb rathsam, um die Einwirkung des Salmiaks beim zweiten Glühen zu befördern, die geschmolzene Masse mit einigen Tropfen Wasser zu befeuchten, und darauf eine Decke von trocknem Salmiakpulver zu bringen. Man mufs zuerst bis zur Verflüchtigung des Wassers sehr gelinde erhitzen, und dann erst glühen. Durch das Befeuchten mit Wasser steigt zwar beim Erhitzen die Masse im Tiegel etwas, doch so wenig, dafs die Operation mit Genauigkeit und ohne Verlust in einem kleinen Porcellantiegel von gewöhnlicher Gröfse ausgeführt werden kann. Nach zweimaligen Glühen mit Salmiak hat der Rückstand so viel Schwefelsäure verloren, dafs er im Porcellantiegel nicht mehr gut schmilzt. Dann ist das Befeuchten der Masse mit Wasser nicht mehr nöthig, da sie sich nun sehr gut mit Salmiak mengen läfst. Man fährt mit dem Glühen mit Salmiak so lange fort, bis keine Gewichtsabnahme des geglühten Rückstands mehr wahrzunehmen ist.

Hr. Weber erhielt aus 1,321 Grm. schwefelsaurem Natron nach 7maligem Glühen mit Salmiak im Porcellantiegel 1,083 Grm. Chlornatrium, das in Wasser gelöst durch ein Baryterdesalz keine Reaction auf Schwefelsäure gab. — Jene Menge des schwefelsauren Natrons entspricht 1,087 Grm. Chlornatrium.

Die Resultate, welche durchs Glühen eines Gemenges von schwefelsaurem Kali mit Salmiak erhalten wurden, sind schon früher angegeben worden.

Ein Gemenge von schwefelsaurem Kali und Natron kann also sehr gut vermittelst Salmiaks in Chlormetalle verwandelt werden. Man mufs nur dann etwas vorsichtiger seyn, als wenn man jedes der beiden schwefelsauren Alkalien allein der Behandlung mit Salmiak unterwirft, da das Gemenge beider schmelzbarer ist, als jedes der Salze allein. Das Gemenge der entstandenen Chlormetalle ist indessen nicht flüchtiger, als jedes derselben allein, wie ich dies früher gezeigt habe [1]).

1) Pogg. Ann. Bd. 31, S. 133.

Gewifs aber ist diese Methode der weit vorzuziehen, diese Umwandlung vermittelst essigsaurer Baryterde zu bewirken, welche bei weitem zeitraubender ist, und einige Tage Zeit erfordert, während jene in einigen Stunden vollendet ist.

Man kann indessen vermittelst Salmiak nur die schwefelsauren Salze des Kalis und Natrons in Chlormetalle verwandeln, nicht aber das schwefelsaure Lithion. Denn dieses widersteht mit grofser Hartnäckigkeit der Einwirkung des Salmiaks.

0,878 Grm. schwefelsaures Lithion in einem Porcellantiegel einer Hitze ausgesetzt, bei welcher die anderen schwefelsauren Alkalien durch Salmiak zersetzt wurden, konnte dadurch noch nicht zum Schmelzen gebracht werden. Auch mit Salmiak gemengt und geglüht, wurde das schwefelsaure Salz bei den ersten beiden Behandlungen noch nicht zum Schmelzen gebracht, aber es sinterte bei dieser Hitze stark zusammen. Mit Wasser befeuchtet, und dann mit Salmiak geglüht, wurde nach dieser dritten Behandlung endlich das schwefelsaure Salz so weit zersetzt, dafs das erzeugte Chlorlithium mit dem schwefelsauren Salze eine schmelzbare Mengung hervorbrachte, aber bei jedem erneuten Glühen mit Salmiak nahm das Salz anfangs nur um 0,006 bis 0,008 Grm., bei den späteren Behandlungen nur um 0,003 Grm. ab. Nach fünfmaliger Behandlung wog der Rückstand 0,856 Grm.; er hätte nur 0,675 Grm. wiegen müssen, wenn das schwefelsaure Lithion vollständig in Chlorlithium verwandelt worden wäre. — Nach diesen ungünstigen Resultaten wurde der Versuch nicht weiter fortgesetzt.

Da aber bei Analysen einiger in der Natur vorkommenden Silicate, welche alle 3 Alkalien enthalten, wie z. B. einige Arten von Glimmer und die sogenannten Lepidolithe, es von Wichtigkeit ist, die schwefelsauren Verbindungen leicht in alkalische Chlormetalle verwandeln zu können, zumal da gerade bei Anwesenheit von Lithion die Schwierigkeiten bei der Methode vermittelst essigsau-

rer Baryterde noch bedeutend vermehrt werden, indem bei Verwandlung der essigsauren Salze in kohlensaure das Auswaschen des sehr schwer löslichen kohlensauren Lithions von der kohlensauren Baryterde unangenehm und schwer auszuführen ist, so wurde versucht, ob in einer Mengung der drei Alkalien das schwefelsaure Lithion sich vielleicht leichter und vollständiger durch Salmiak zersetzen liefse, als im reinen Zustande, zumal wenn es nur in geringer Menge mit den andern beiden schwefelsauren Alkalien angewandt wird.

Es wurden zu dem Ende gewogene Mengen der drei schwefelsauren Alkalien, mit einander gemengt, der Behandlung mit Salmiak unterworfen. In dem Gemenge machte das schwefelsaure Lithion den geringsten Gemengtheil aus. Da die schwefelsauren Alkalien in der Mengung weit leichter schmelzen, als jedes derselben allein, so war schon nach dem ersten Glühen mit Salmiak eine geschmolzene Masse erhalten worden. Sie mufste daher bei den ferneren Behandlungen mit Salmiak jedesmal mit etwas Wasser befeuchtet werden. Nach fünfmaliger Behandlung mit Wasser war schon fast die Menge von Chlormetallen erhalten worden, die der Berechnung nach den angewandten schwefelsauren Salzen entsprach. Als aber die erhaltene Masse der Chlormetalle in Wasser gelöst wurde, gab die Auflösung einen starken Niederschlag mit Chlorbaryumlösung.

Die Umwandlung der schwefelsauren Alkalien in alkalische Chlormetalle vermittelst Salmiak ist daher nicht anwendbar, wenn in denselben eine, auch nur geringe Menge von schwefelsaurem Lithion enthalten ist.

Dafs auch die schwefelsaure Magnesia der Zersetzung durch Salmiak widersteht, habe ich schon früher gezeigt [1]).

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 569.

XVII. *Passiver Zustand des Meteoreisens.*

(Aus einem Briefe des Prof. Wöhler an den Herausgeber.)

— — Eine sonderbare Beobachtung, die ich gemacht habe, ist: dafs das meiste Meteoreisen, welches ich in dieser Hinsicht zu untersuchen Gelegenheit hatte, sich im sogenannten passiven Zustand befindet, das heifst, dafs es aus einer Lösung von neutralem schwefelsauren Kupferoxyd kein Kupfer reducirt, sondern darin unverkupfert und blank bleibt. Berührt man es aber unter der Lösung mit gewöhnlichem Eisen, so beginnt sogleich auch auf dem Meteoreisen die Reduction des Kupfers. Ebenso wird es augenblicklich reducirend, sobald man der Lösung einen Tropfen Säure beimischt. Feilt man aber das reducirte Kupfer ab, so ist die neue Eisenfläche wieder passiv, wie ich denn überhaupt bei keinem passiven Meteoreisen durch Abfeilen eine active oder reducirende Oberfläche hervorbringen konnte. Durch Versuche an Meteoreisen, welches nie mit Salpetersäure in Berührung und doch passiv war, überzeugte ich mich, dafs dieser Zustand nicht etwa durch die Säure, bei Aetzung der Oberfläche zur Hervorbringung der Widmannstätten'schen Figuren, hervorgebracht seyn konnte.

Ich glaubte anfangs, dafs man dieses Verhalten als ein Unterscheidungsmittel von echtem Meteoreisen werde benutzen können; allein es zeigte sich bald, dafs nicht alles, unzweifelhaft wirkliche Meteoreisen sich in diesem Zustand befindet. Ich habe in dieser Hinsicht die folgenden Verschiedenheiten beobachtet:

Passiv ist das Pallas-Eisen, das Eisen von Braunau (gefallen 1847), Schwetz, Bohumilitz, Toluca, Green-County (Nord-Amerika), Red-River und das vom Cap.

Activ oder *reducirend* ist das Eisen von Lenarto, Chester-County, Rasgata, Mexico, Senegal und das schon geschmiedete von Bitburg.

Zwi-

Zwischen beiden steht das Eisen von Agram, Arva, Atacama und Burlington (N.-Amerika), die momentan sich nicht verkupfern, auf denen aber nach mehr oder weniger langer Berührung mit der Kupferlösung die Reduction allmälig beginnt; und zwar gewöhnlich von einem Punkt oder den Rändern der Flüssigkeit aus.

Mit dem Nickelgehalt und der Eigenschaft, beim Aetzen regelmäfsige Figuren zu bilden, scheint diese Eigenthümlichkeit nicht im Zusammenhang zu stehen, wie das Eisen von Lenarto zeigt, welches activ ist, obgleich es 8,45 Proc. Nickel und 0,66 Proc. Kobalt enthält und beim Aetzen die schönsten Figuren giebt; eben so das von Boussingault mitgebrachte Eisen von Rasgata in Columbien, welches nach einer Analyse von mir 6,74 Proc. Nickel und 0,23 Proc. Kobalt enthält.

Andererseits giebt das Eisen von Green-County, welches ganz passiv ist, bei einem Nickelgehalt von 19 Proc. keine Figuren.

Auch hat es sich gezeigt, dafs eine künstlich dargestellte Legirung von Eisen und Nickel, die beim Aetzen eine damascirte Oberfläche bekommt, aus der Kupferlösung, wie gewöhnliches Eisen, das Kupfer reducirt.

Ob dieser Zustand ursprünglich allem Meteoreisen, wenn es auf der Erde ankommt, eigenthümlich ist und erst, wie es bei den activen Arten geschehen seyn könnte, im Verlaufe einer gewissen, vielleicht sehr langen Zeit vergeht, und welche wahrscheinliche Vermuthung man überhaupt von dem Grunde dieser Erscheinung haben kann, darüber müssen ausgedehntere Versuche und Beobachtungen Aufschlufs geben.

XVIII. *Neues Verfahren zur Gewinnung des molybdänsauren Ammoniaks; von W. Delffs.*

Seit das in der Ueberschrift bezeichnete Salz von Svanberg und Struve als Reagenz für Phosphorsäure in die analytische Chemie eingeführt worden ist, hat dasselbe so sehr an practischer Bedeutung gewonnen, dafs es wünschenswerth erscheinen mufs, eine möglichst einfache und wenig kostspielige Darstellungsmethode für diefs Salz zu besitzen.

Dem Chemiker sind nur zwei molybdänhaltige Mineralien in solcher Menge zugänglich, dafs dieselben als Darstellungs-Material für die Molybdänverbindungen überhaupt benutzt werden können: das *Wasserblei* $= MoS^2$, und das *Gelbbleierz* $= PbO + MoO^3$. Das erstere Mineral hat bekanntlich zur Entdeckung des Molybdäns Veranlassung gegeben, und seitdem lange Zeit fast ausschliefslich als Ausgangspunkt für die Gewinnung dieses Grundstoffs und seiner Verbindungen gedient. Da aber neuerdings zu Garmisch in Baiern ein derbes Gelbbleierz in solcher Menge aufgefunden worden ist, dafs man sich dasselbe mit geringen Kosten pfundweise [1]) verschaffen kann: so dürfte dieser Umstand allein schon genügen, die Anwendung des Wasserbleis zu dem gedachten Zweck zu verdrängen. In der That hat schon Wittstein [2]) dieses neue Vorkommen benutzt, um bei der Bereitung des molybdänsauren Ammoniaks einen neuen Weg einzuschlagen.

Nach der Vorschrift desselben soll man nämlich das gepulverte Erz mit seinem sechsfachen Gewicht gewöhnlicher Schwefelleber zusammenschmelzen, die geschmolzene Masse mit Wasser auskochen, den filtrirten Auszug mit verdünnter Schwefelsäure fällen, den Niederschlag auswaschen, trocknen, rösten und in Königswasser lösen, ferner

1) Das hiesige Mineraliencomtoir liefert das Pfund Gelbbleierz für 48 Xr.
2) Buchner's Repert. LXXIII. 155.

die filtrirte Lösung zur Trockne abdampfen, den Rückstand mit Ammoniak ausziehen, und endlich die ammoniakalische Lösung, nachdem eine Spur von Kupfer mit Hülfe von Schwefelammonium entfernt worden ist, filtriren und durch Abdampfen zur Krystallisation befördern.

Es unterliegt keinem Zweifel, dafs man auf diesem durchaus rationellen Wege zum Ziele gelangen mufs; allein dieser Weg ist etwas gedehnt, und wird diefs namentlich dadurch, dafs die in dem Gelbbleierz enthaltene Molybdänsäure zuerst in Schwefelmolybdän, und dieses dann wiederum rückwärts in Molybdänsäure verwandelt wird; es geht dadurch offenbar ein wesentlicher Vortheil, welchen das Gelbbleierz vor dem Wasserblei voraus hat, verloren, was jeder, der sich mit dem lästigen Rösten des Schwefelmolybdäns abgegeben hat, einräumen wird. Wittstein selbst gesteht diefs ein, indem er anräth, das Rösten nur so lange fortzusetzen, als sich eine Schwefelflamme zeige, weil das vollständige Rösten zu langwierig sey.

Aus dem angeführten Grunde dürfte die nachfolgende Methode, bei welcher die Molybdänsäure sogleich als solche aus dem Gelbbleierz abgeschieden wird, den Vorzug verdienen.

Das gröblich gepulverte Erz wird zuerst mit kalter verdünnter Salpetersäure (ungefähr auf 1 Vol. Salpetersäure von 1,300 spec. Gew. das doppelte Vol. Wasser) ausgezogen, um beigemengte kohlensaure Salze und andere lösliche Beimengungen zu entfernen. Nachdem der Rückstand mit Wasser abgespült, getrocknet und zu einem feinen Pulver zerrieben worden ist, wird dasselbe mit Salpetersäure von ungefähr 1,300 spec. Gew. übergossen, so lange, wie möglich, im Sandbade bis zum Sieden erhitzt und zuletzt bei gelindem Feuer fast bis zur Trockne abgedampft. Diese Behandlung mit Salpetersäure wird noch ein- bis zweimal wiederholt. Man verdünnt alsdann mit Wasser, um das gebildete salpetersaure Bleioxyd zu lösen, bringt den ungelösten Rückstand, welcher aus freier Molybdänsäure und einer, je nach der auf die Behandlung mit

Salpetersäure verwendeten Sorgfalt, gröſseren oder geringeren Menge von unzersetztem Erz, Quarzpulver u. s. w. besteht, auf ein Filtrum, und wäscht so lange mit Wasser aus, als die durchlaufende Flüssigkeit durch Schwefelsäure getrübt wird. Der Inhalt des Filtrums wird endlich mit Ammoniak ausgezogen, der Auszug filtrirt und zur Krystallisation abgedampft. Der in Ammoniak unauflösliche Rückstand wird bei dem wohlfeilen Preise des Gelbbleierzes selten die Mühe einer zweiten Behandlung lohnen.

Svanberg und Struve führen in ihrer Abhandlung über das Molybdän [1]) an, daſs dasjenige molybdänsaure Ammoniak, welches sich bilde, wenn eine Auflösung von Molybdänsäure in Ammoniak in der Wärme zur Krystallisation abgedampft worden, oder dem freiwilligen Verdunsten überlassen bleibe, entsprechend der Formel: $NH^4O + 2MoO^3 + NH^4O + 3MoO^3 + 3HO$ zusammengesetzt sey. Das Ungewöhnliche dieses Ausdrucks veranlaſste mich zu den nachstehenden Versuchen, um die Richtigkeit der aufgestellten Formel zu prüfen.

Zu diesem Ende wurde vollkommen farbloses, in schiefen rhombischen Säulen krystallisirtes, molybdänsaures Ammoniak in einem Kupferrohr von schwer schmelzbarem Glase langsam bis zum Rothglühen erhitzt, und gleichzeitig ein Strom von trocknem Wasserstoffgas darüber hinweggeleitet. Diese Operation wurde so lange fortgesetzt, bis kein Entweichen, weder von Ammoniakgas, noch von Wasserdämpfen, mehr beobachtet werden konnte. Während des Erkaltens wurde mit der Entwicklung des Wasserstoffgases fortgefahren.

I. 0,9625 Grm. molybdänsaures Ammoniak hinterlieſsen 0,689 Grm. oder 71,58 Proc. blaues Molybdänoxyd ($= MoO^2$).

II. 0,772 Grm. molybdänsaures Ammoniak hinterlieſsen 0,549 Grm. oder 71,01 Proc. blaues Molybdänoxyd.

Bei dem ersten Versuch wurde das Salz in kleinen unzerriebnen Krystallen, beim zweiten in fein gepulvertem

1) Journ. f. pract. Chemie XLIV. 257.

Zustande angewendet. Diesem Umstande dürfte die kleine Differenz zwischen beiden Versuchen zuzuschreiben seyn, indem anzunehmen ist, dafs bei dem ersten Versuch, wo die Bedingungen der Reduction ungünstiger waren, ein kleiner, wenn auch zu vernachlässigender Theil Molydänsäure beigemengt geblieben ist, und daher ein etwas gröfseres Gewicht des Rückstandes zur Folge haben mufste.

Bei der grofsen Analogie, welche zwischen Molybdän und Wolfram stattfindet, ist es von vorn herein wahrscheinlich, dafs auch die unter gleichen Umständen gebildeten Ammoniaksalze beider Metalle eine analoge Zusammensetzung besitzen. Das saure wolframsaure Ammoniak entspricht der Formel NH^4O+2WO^3+HO, wovon ich mich durch eigene Versuche [1]) überzeugt habe. Nimmt man daher die entsprechende Formel $NH^4O+2MoO^3+HO$ für das saure molydänsaure Ammoniak an, so berechnet sich der procentische Gehalt an blauem Molybdänoxyd, welcher bei der oben angegebenen Behandlung des molybdänsauren Ammoniaks erhalten werden mufs, auf 70,85, wenn das Mischungsgewicht des Molybdäns zu 46 angenommen wird. Der Unterschied zwischen der berechneten und der gefundenen Menge ist so gering, dafs kein Grund vorhanden ist, an der Richtigkeit der bei der Berechnung zum Grunde gelegten Formel zu zweifeln.

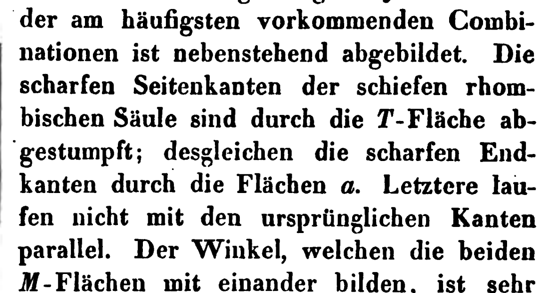
Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs die für das molybdänsaure Ammoniak in Anspruch genommene Formel sich nur auf dasjenige Salz bezieht, welches sich unter den von Svanberg und Struve selbst hervorgehobenen Bedingungen bildet; denn es geht theils aus der Abhandlung dieser beiden Chemiker, theils aus einem späteren Aufsatze von Berlin [2]) hervor, dafs sich Molydänsäure und Ammoniak auch in anderen Verhältnissen verbinden

1) Ich fand in 1,774 und 1,000 Grm. saurem wolframsauren Ammoniak resp. 1,532 und 0,864 Wolframsäure, während die obige Formel (wenn $W = 94$) 86,44 Proc. Wolframsäure verlangt. Die gefundenen Mengen betragen 86,36 bis 86,40 Proc.

2) Journ. f. pract. Chemie XLIX. 444.

können. Dafs aber eine Auflösung von Molybdänsäure in Ammoniak sowohl beim freiwilligen Verdunsten, als auch beim Erkalten einer concentrirten Lösung, immer Krystalle von derselben Form liefert, davon habe ich mich durch zahlreiche Beobachtungen, die an Präparaten von verschiedener Bereitung gemacht wurden, überzeugt. Es kommt allerdings bisweilen vor, dafs sich das molybdänsaure Ammoniak als ein krystallinisches Pulver von nicht deutlich erkennbarer Form absetzt. Allein diese krystallinische Masse verwandelt sich in kurzer Zeit in deutlich ausgebildete Krystalle, wenn sie, mit der Mutterlauge bedeckt, der Ruhe überlassen wird.

Svanberg und Struve geben an, dafs das Salz, welchem sie jene complicirte Zusammensetzung zuschreiben, in »sechsseitige Säulen mit zwei Abstumpfungsflächen« krystallysiren. Obwohl nun dieser Ausdruck keine strènge krystallographische Deutung zuläfst, so glaube ich in demselben doch eine Bürgschaft dafür zu erblicken, dafs ich dasselbe Salz in Händen gehabt habe. Die Krystalle gehören nämlich zum zwei- und eingliedrigen System. Eine der am häufigsten vorkommenden Combinationen ist nebenstehend abgebildet. Die scharfen Seitenkanten der schiefen rhombischen Säule sind durch die T-Fläche abgestumpft; desgleichen die scharfen Endkanten durch die Flächen a. Letztere laufen nicht mit den ursprünglichen Kanten parallel. Der Winkel, welchen die beiden M-Flächen mit einander bilden, ist sehr stumpf. Die T-Flächen herrschen meistens sehr vor. Oftmals sind die Krystalle nur halb ausgebildet, und bieten dann eine Form dar, welche man erhält, wenn man durch die beiden Kanten, welche die M-Fläehen mit einander bilden, einen Schnitt parallel mit der Hauptaxe führt. Zu einer Messung der Winkel mit dem Reflections-Goniometer sind die Krystalle nicht geeignet.



XIX. *Resultate von Versuchen über die Bewegung des Pendels, angestellt zu Rio de Janeiro, unter 22° 54′ südl. Breite, im September und October* 1851; *von Hrn. d'Oliveira.*

(*Compt, rend. T. XXXIII. p.* 582.)

Masse des zu den Versuchen angewandten Pendels. — Eine Hohlkugel, 10,5 Kilogrm. wiegend, und unten, dem Punkt des Loches gegenüber, mit einem in eine Spitze auslaufenden Ansatz versehen.

Aufhängung des Pendels. — Ein leinener Faden ohne Torsion, befestigt an der Decke eines isolirten und solide gebauten Pavillons (*pièce*), trug am anderen Ende ein bewegliches Eisenstück in der Höhlung der Kugel, die so gestellt war, dafs die Spitze des Ansatzes dem Aufhängepunkt entsprach, und somit das Pendel eine Länge von 4,365 Met. erhielt.

Schwingungsbogen des Pendels. — Bei den ersten Versuchen machte das Pendel eine Excursion von 5° 14′ 44″; später betrug der Bogen stets 7° 51′ 41″. Die Bögen entsprechen den Längen der Schwingungen, deren Tangenten im ersten Falle 4, und im zweiten 6 Decimeter mafsen.

Trajectorie des Pendels. — Die Trajectorie bei einer Doppel-Schwingung war fast immer eine sehr verlängerte Ellipse, deren kleine Axe kaum grofs genug war, um die vom Pendel verfolgte Richtung an der Furche zn erkennen, die seine Spitze in einer darunter angebrachten Schicht feinen Sandes beschrieb. Der auf ein Brett gelegte Rahmen, welcher die Sandschicht einschlofs, war quadratisch, hielt inwendig 6 Decimeter in Seite und hatte hinlängliche Höhe. Auf seinen Mitten waren die Nord-Süd- und West-Ost-Richtungen angezeichnet, und er wurde so unter das Pendel gestellt, dafs die Spitze desselben dem Kreuzpunkte beider Diagonalen entsprach.

Anfangs wurde das Pendel in Richtung des auf dem

Brett gezogenen Meridians in Bewegung gesetzt, und zwar erst nach Norden, dann nach Süden gezogen. Dann wurde gewartet, bis die Bewegung bedeutend abgenommen hatte.

Dieselben Versuche wurden auf ähnliche Weise in Richtung des Parallels wiederholt, ebenso auch in mehren dazwischenliegenden Richtungen.

Die Resultate derjenigen von ihnen, welche als die regelmäfsigsten betrachtet wurden, waren folgende:

1. Die Bewegungen des Pendels, wenn es Ellipsen in Richtung des Meridians und in der des Parallels beschrieb, waren einander stets entgegengesetzt, d. h. wenn es in dem Meridian die Ellipse von der Rechten zur Linken beschrieb, (im Sinne der Axendrehung der Erde, den Südpol angesehen) so bewegte es sich in der im Parallel beschriebenen Ellipse von der Linken zur Rechten. Die Aufeinanderfolge dieser beiden Bewegungen änderte sich durch einfache und sogar geringe Modificationen, die man mit der Befestigungsweise des Fadens an der Decke vornahm, in der Weise, dafs, wenn man die Dicke des Fadens bis zur gänzlichen Nullität verringert hätte, die kleine Axe der Ellipse auch verschwunden seyn würde, gesetzt der Aufhängepunkt wäre unbeweglich.

2. Entfernte man das Pendel um 3 Decimeter aus der Verticalen, um es den gröfseren Bogen beschreiben zu lasen, und liefs es nun 30 Minuten lang schwingen, anfangs in Richtung des Meridians, darauf in der des Parallels, so betrug die Ablenkung im ersten Fall $5^{\circ}\ 9'$ nach Osten, und im zweiten $5^{\circ}\ 12'$ nach Süden.

3. Bei Messung der Ellipsen, die, in beiden Fällen, nachdem die Pendelschwingung 30 Minuten gedauert, im Sande beschrieben worden, fand sich die Axe der auf dem Meridian bezüglichen Ellipse gleich $\frac{356}{600}$ Meter, die der andern $\frac{349}{600}$. Man hatte überdiefs die Vorsicht getroffen, den Widerstand des Sandes in beiden Fällen möglichst gleich zu machen.

4. Als versucht wurde, das Pendel in verschiedenen, im Südwest-Quadranten zwischen Meridian und Parallel

liegenden Richtungen schwingen zu lassen, um zu sehen, in welcher Linie dasselbe eine Trajectorie ohne Tendenz zur Abweichung nach rechts oder links beschreiben würde, fand sich wirklich eine solche Linie vor, zugleich mit dem sehr merkwürdigen Umstand, dafs das Pendel fortfuhr sich darin ohne Abweichung zu bewegen. Aus dieser Erscheinung schlofs man, dafs die so gefundene Linie die Lage einer unveränderlichen Schwingungsebene bezeichne.

Die Abweichungswinkel dieser Ebene, in Bezug auf den Parallel, fand sich durch Messung gleich 11° 18′ 40″, eine Gröfse, die sich der halben Breite des Beobachtungsortes, nämlich 11° 27′, merklich nähert.

Nach diesem Resultat war zu vermuthen, dafs sich auch im Südost-Quadranten eine unveränderliche Schwingungsebene befinden, und diese die erstere unter einem der Breite des Ortes nahe gleichen Winkel schneiden würde; und auch dieses bestätigte sich durch den Versuch, als man das Pendel in einer vom Parallel gleich abweichenden Richtung schwingen liefs.

5. Die Bewegung des Pendels in den beiden genannten Richtungen, die 45° mit dem Meridian bilden, zeigte, dafs die Abweichung in dem Südwest-Quadranten langsamer, und in dem Südost-Quadranten schneller erfolgt als im Meridian. Allein alle diese Abweichungen geschehen in einem und demselben Sinn, nämlich in dem der Umdrehung der Erde.

Bemerkung. — Ich mufs hier noch bemerken, dafs die neuen Thatsachen, von denen ich so eben sprach, nur als Andeutungen von mir betrachtet werden, die ferneren Versuchen unterworfen werden müssen, um sie gegen alle Einwürfe zu sichern, die von der Mitwirkung störender, von diesen Erscheinungen unzertrennlicher Ursachen hergenommen werden können. Ich füge auch noch hinzu, dafs das Verschwinden der Ellipticität in der Bewegung des Pendels nur ein glücklicher Zufall war, oder auch wohl aufser dem erwähnten Fall unter anderen Umständen stattfinden könnte.

XX. *Bemerkungen, veranlafst durch den Aufsatz des Hrn. Broch über die Fraunhoferschen Linien*

(Briefliche Mittheilung von Hrn. Dr. L. Merz.)

München, den 18. Febr. 1852.

— Gestatten Sie gütigst folgende kurze Berichtigung. Im Ergänzungsband III Stück 2, S. 312 Ihrer Annalen findet sich in Bezug auf Prismen von gleicher Reinheit als die von Fraunhofer verfertigten folgende Aeufserung des Hrn. Broch in Christiania: »So weit mir bekannt, bedient man sich noch immer der von diesem ausgezeichneten Künstler und Naturforscher hinterlassenen Glasmassen, wenn von seinen Nachfolgern in München ein besonders feines optisches Instrument verfertigt werden soll.«

Hierauf erlauben wir uns zu erwiedern: Alles brauchbare Glas, welches das optische Institut in keiner bedeutenden Quantität noch aus der Zeit des unvergefslichen Fraunhofer besitzt, hat für dasselbe einen grofsen historischen Werth, und wird sorgfältig aufbewahrt, ohne dafs ein Stückchen davon verwendet würde. Seit Fraunhofer's Tode sind daselbst schon viele Schmelzen gemacht, reines, auch von den feinsten Wellen freies Glas in noch gröfseren Dimensionen erzeugt, und eine Menge von Prismen und Objectiven verschiedener Gröfse mit unbestrittener Vollkommenheit geschliffen worden. Eins der gröfseren Prismen, welche ganz von Fraunhofer's Nachfolgern gefertigt wurden, hat unter andern Sir David Brewster erhalten und damit seine besten Beobachtungen angestellt. Alle Naturforscher, welche das Institut besuchten, und die Prismen aus Fraunhofer's Zeit mit den späteren verglichen haben, nahmen die Ueberzeugung mit sich, dafs die letzteren, theilweise, trotz gröfserer Brechungskraft, noch weifser, reiner und vollkommener denn die ersteren sind. Es ist somit die etwaige Befürchtung, dafs nach dem Ausgehen der Fraunhofer'schen Glasmassen

die Physiker nicht mehr mit ganz vollkommenen Prismen versorgt werden könnten, völlig unbegründet.

Was nun den weiteren Inhalt der Abhandlung des Hrn. Broch betrifft, so stimmen wir mit ihm darin überein, dafs die Zeichnungen des Spectrums in den meisten Lehrbüchern ganz ungenügend sind. Die beste ist, nach der Originalzeichnung Fraunhofer's (Denkschr. d. Ac. z. M. 1814 u. 15), jene in Baumgartner's Supplementband. Die eigenthümlichste scheint die des Hrn. Broch selbst; wenigstens haben wir noch nie die Parthie bei *D*, und jene zwischen *G* und *H* so gesehen, wie er sie zeichnet. Damit wollen wir nicht unbedingt sagen, dafs sie irrig gemacht sey, vielmehr erweckt sie in uns noch stärker den schon früher geäufserten Wunsch, dafs an sehr verschiedenen Standorten, auf Höhen, am Meere u. s. w. die Spectrumsbeobachtungen wiederholt werden mögen. Zwar konnten wir aus unseren Beobachtungen dahier und den von Mossotti in Pisa gemachten keinen auffallenden Unterschied entnehmen; allein die Atmosphäre an der Nordsee, im Gegensatz zu jener am Mittelmeere, mag schon gröfsere Unterschiede zulassen. Nicht unbeachtet darf bleiben, dafs Hr. Broch seine Beobachtungen in den Morgen- und Abendstunden machte, was nach den gewichtigen Versuchen von Prof. Kuhn (Ann. 1848 II.) und nach unseren eigenen Wahrnehmungen von wesentlichem Einflufs ist, doch nicht in dem Grade, dafs es die in der Zeichnung des Hrn. Broch bemerkten Modificationen herbeiführen könnte. Der Vergleich ferner, welchen Hr. Broch zwischen dem polarisirten und dem Spectrumslicht anstellt, scheint uns bei der verschiedenen Natur beider keinen ganz sicheren Schlufs auf Analogie zuzulassen. Doch dürfte es lohnend seyn, wenn Gelehrte, welche hinreichende Mufse dazu fänden, diese Vergleichung fortführen würden, mehr noch, wenn sie jene mit dem *normalen* Gitterspectrum, wie sie Mossotti (*sulle proprietà degli spettri di Fraunhofer, Pisa* 1845, auch in diesen Annalen 1847, 12 wiedergegeben) so weit es die bisherigen photometri-

schen Leistungen gestatteten, mit mathematischer Klarheit durchgeführt hat, noch weiter verfolgen würden.

Erlauben Sie noch eine andere Bemerkung. Der Behauptung des Hrn. Prof. Ragona-Scina, als entständen Longitudinallinien nicht von Unregelmäfsigkeiten im Spalte des Heliostates, müssen wir aus eigener Erfahrung widersprechen, und damit stimmen auch die HH. Knoblauch, Kuhn und Lamont überein. Man wird überhaupt beim Spectrum dasjenige unterscheiden müssen, was der Refraction und Dispersion angehört, und was der Inflexion und Interferenz zuzuschreiben ist. Dafs Ungleichheiten des Spaltes, wie des Spiegels, Beugung und Interferenz des Lichtes hervorrufen können, ist durch viele Versuche dargethan; dafs aber das Experiment mit der Linse auch eine Interferenz bewirkt, widerspricht ja keineswegs jenen früheren Versuchen. Wir haben uns somit noch keineswegs überzeugen können, dafs die Longitudinallinien der Natur des vom Prisma allein alterirten Lichtes inhäriren [1]).

XXI. *Nachschrift zum Aufsatze: Beobachtungen über Zerstreuungsbilder im Auge und über die Theorie des Sehens; von Dr, Fliedner.*

Die Sätze der Nr. 20 (S. 344) bedürfen noch einer Ergänzung. Sie lassen die Frage über die Adaption des Auges ganz unberührt und könnten, wie ich nachträglich eingesehen habe, zu der Meinung führen, ich nehme einen bleibenden Refractionszustand des Auges bei Fixirung eines sich fortbewegenden Gegenstandes an. Dafs aber ein solcher nicht stattfindet, davon kann man sich durch folgende einfache Beobachtungen überzeugen:

Bringt man die Scheibe und eine Nadel vor derselben in die deutliche Sehweite, läfst die Nadel unverrückt ste-

1) Vergl. S. 364 dieses Hefts. P.

hen, bewegt aber die Scheibe fort und folgt ihr mit dem Auge, so wird die Nadel undeutlich. Bringt man die Scheibe in den vordern Endpunkt der deutlichen Sehstrecke und unmittelbar davor eine Nadel, fixirt dann, umgekehrt, wie vorher, die unverrückt bleibende Nadel, während man die Scheibe fortbewegt, so bemerkt man durch indirectes Sehen, daſs diese letztere bis zu einer Entfernung, die ungleich kürzer ist, als diejenige bis zum Fernpunkt der deutlichen Sehstrecke, doch denselben Kreis von Erscheinungen zeigt, als wenn man ihr mit dem Auge folgt.

Diese Versuche beweisen, *daſs das Vorhandenseyn der Brennstrecke auf die Adaption des Auges für verschiedene Entfernungen nur von geringem Einfluſs ist.*

Hanau am 7. März 1852.

XXII. *Zum Plakodin* [1]).

(Aus einem Schreiben des Hrn. Prof. Plattner in Freiberg an den Director Schnabel in Siegen von 15. November 1851.)

»Daſs der *Plakodin* ein Hüttenproduct (eine Speise) sey, vermuthete ich schon, als ich es analysirte, (wozu mir Hr. Prof. Breithaupt lauter kleine Krystalle gab); allein nachweisen konnte ich es nicht, zumal man im Rothnickelkies (Kupfernickel) und andern ähnlichen natürlichen Arsen-, Nickel- und Kobaltverbindungen zuweilen auch geringe Mengen anderer Metalle, namentlich Antimon, Blei, Kupfer u. s. w. findet.«

»Wenn ich auch ganz damit einverstanden bin, was Sie über die Nichtexistenz des Plakodins als Mineral sagen, so erlaube ich mir nur noch die Bemerkung, daſs sich in Ihre Mittheilung ein Druckfehler eingeschlichen hat, indem es wohl auf der ersten Seite heiſsen soll: 38,77 As und 61,13 Ni.«

1) Vergl. d. Ann. Bd. 84, S. 585.

XXIII. *Untersuchung des sogenannten Eisenamianths; von Dr. C. Schnabel in Siegen.*

Ueber die Entstehung dieses Hohofenproducts, welches, so viel ich weifs, als reine Kieselerde betrachtet wird, herrschen bekanntlich noch Zweifel. Die Analyse einer dahin gehörigen, kurz- und parallelfaserigen, sehr weichen, seidenglänzenden, schneeweifsen Masse, die sich in einer Eisensau von der Olsberger Hütte in Westphalen vorfand und ein specifisches Gewicht von 2,59 zeigte, lieferte:

Kieselerde	98,13
Thonerde	1,24
Kalk	0,46
Magnesia, Eisenoxydul	Spuren
	99,83.

XXIV. *Darstellung von reinem Silber aus Chlorsilber; von C. Brunner.*

(Mitth. d. Berner Naturf. Gesellsch. No. 224.)

Dafs zu chemischen Zwecken, am sichersten durch Zersetzung des Chlorsilbers, reines Silber erhalten wird, ist hinlänglich bekannt. Diese Zersetzung kann nach vielen Methoden geschehen. Poggendorff[1]) beschrieb vor mehreren Jahren ein Verfahren, um dieselbe auf galvanischem Wege zu bewirken, dafs mir unter allen bis jetzt bekannten das vorzüglichste zu seyn scheint und wovon das hier zu beschreibende nur eine Abänderung genannt werden kann.

1) Diese Ann. Bd. LXXV, S. 342.

Man bringt den gut ausgewaschenen Chlorsilber-Niederschlag in eine Schale von Silber, Platin oder Kupfer, welche auf der äufseren Fläche dergestalt mit Wachs überzogen ist, dafs nur in der Mitte des Bodens, je nach der Gröfse der Schale, eine runde Fläche von 1 bis 2 Zoll Durchmesser von Wachs frei bleibt. Auf den Boden einer gröfsern, irdenen Schale legt man eine Scheibe von amalgamirtem Zink, auf deren Mitte die das Chlorsilber enthaltende Schale zu stehen kommt, so dafs die von Wachs freigelassene Stelle das Zink berührt. Nun giefst man mit Schwefelsäure schwach angesäuertes Wasser in den Apparat, so dafs dasselbe in der äufsern Schale oberhalb des Randes der innern steht, diese also ganz in das Wasser versenkt ist. Sogleich beginnt die Zersetzung des Chlorsilbers am Rande der Schale, die es enthält, und schreitet nach der Mitte fort. Dieselbe giebt sich durch die dunkelgraue Farbe des sich ausscheidenden Silbers deutlich zu erkennen. Bei gehörigem Verhältnifs der Säure und der angewandten Zinkplatte wird die Zersetzung nach 24 bis 48 Stunden beendigt seyn, welches man daran erkennt, dafs beim Aufrühren des Präparates kein Chlorsilber mehr sichtbar ist. Das erhaltene Silber wird nun mit Wasser ausgewaschen und ein sehr kleiner Rückhalt von Chlorsilber, den es bisweilen noch eingeschlossen enthält, durch verdünntes Ammoniak ausgezogen.

Das so bereitete Silber ist vollkommen rein. Es ist leicht einzusehen, dafs selbst die fremden Metalle, die im Zink enthalten seyn können, sich nie damit vermengen, da die Zinkscheibe während der ganzen Operation immer unter der das Silber enthaltenden Schale liegen bleibt und nie mit diesem in Berührung kommt.

XXV. *Eine neue Magnetisirungs-Methode; von E. F. Hamann, Mechanicus in Paris.*

Die gewöhnlichen Methoden Stahl zu magnetisiren, sey es durch elektrische Ströme, sey es durch Magnete, liefern besonders für sehr harten Gufsstahl unzureichende Resultate. Mehrfache Versuche führten mich zu folgender Methode, die in gewisser Hinsicht die Umkehrung der gewöhnlichen ist. *Ich magnetisire nämlich vor dem Härten.*

Man kann sich leicht überzeugen, dafs rothglühender Stahl von einem Magneten angezogen wird; guter englischer Gufsstahl ist bei dieser und unter dieser Temperatur der vollständigen Härtung fähig. Ich bewirke also in einem glühenden Stahle, durch Magnete oder durch den elektrischen Strom, die Vertheilung der magnetischen Fluida, und lösche den Stahl in diesem Zustande ab. Der Stahl wird alsdann ein glasharter Magnet. Je kräftiger die Mittel waren, die ich zur Magnetisirung anwandte, desto energischer wurde der Magnet [1]).

Man kann die Härtung so leiten, dafs der Stahl mehr oder weniger hart wird. Um sich von dem Factum selbst zu überzeugen, darf man nur ein Stückchen englischen Flach-Stahl (*Silver Steel*) in einem Holzkohlen-Feuer bis zur Roth-Glühhitze kommen lassen, und mit einem kräftigen Magnet aus dem Feuer holen, und sogleich, am Magneten hängend ablöschen. In dieser Weise lieferte mir ein erster Versuch an einem Stäbchen blanken Rundstahls, $0^{m},003$ Durchmesser und $0^{m},05$ Länge, das ich mit einem Pol eines kräftigen Magneten glühend aufnahm, einen glasharten Magnet, der mit einem Pol sein zehnfaches Gewicht trägt.

1) Ein ähnliches Verfahren schlug bereits G. Aimé vor (Ann. Bd. 35, S. 206); es ist mir indefs nicht bekannt, dafs es befolgt oder hinsichtlich seiner Wirkung mit dem gewöhnlichen verglichen worden wäre. *P.*

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1852. ANNALEN №. 4.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXV.

I. *Zur Kenntnifs der Natur der Spannungselektricität an ungeschlossenen Inductionsspiralen, und Angabe einer bequemen Ladungstafel für dieselbe*[1]; *von Dr. Sinsteden.*

Nachdem ich vor mehreren Jahren starke Spannungselektricität, selbst Funken, schmerzhafte Einwirkungen auf dünne Hautstellen, und Erschütterungsschläge an den ungeschlossenen Inductionsspiralen sowohl eines magneto-elektrischen Rotations-Apparats, als auch einer Volta-elektrischen Inductionsrolle, sowie dieselben Erscheinungen auch am Stahlmagnet des ersten und an dem Eisendrahtbündel des letzteren beobachtet, und über diese Erscheinungen in physikalischen Schriften vergeblich um Auskunft nachgesucht hatte, wandte ich mich deshalb brieflich an einen berühmten Berliner Physiker. Derselbe hatte darauf die Güte mir im April 1843 Folgendes zu schreiben: »Wäre die Sache, wie sie Breguet und Masson gefunden haben wollen, (Vergl. *Archives de l'électricité* 1842 *p.* 381, — Annalen Bd. 69, S. 362), so wäre sie höchst wichtig — versteht sich von selbst, dafs in jenem Versuche die beiden Drähte nicht wirklich die Bedingungen einer Leidener Flasche gehabt haben, *denn dann ist die Drahtform gleichgültig, und das Ganze eine Erscheinung der Spannungselektricität.*« Jetzt finde ich nun, dafs die Sache sich wirklich so verhält, wenn auch vielleicht in einem etwas anderen Sinne, als diese Worte ursprünglich gemeint waren: ich finde nämlich, dafs die Funken und Erschütterungsschläge, welche man erhält, wenn man das eine Ende der inducirten, und ein Ende der inducirenden Drahtrolle,

1) Vergl. Pogg. Ann. Bd. 69, S. 353.

durch welche ein Volta'sches Element abwechselnd geschlossen und geöffnet wird, anfafst, *einmal eine reine Wirkung der Spannungselektricität sind,* die hier immer nur momentan auftritt, und der die, durch Isolation und Bindung zu bewirkende *Dauer* noch abgeht, — und *zweitens, dafs diese Erscheinungen durchaus nicht an die Drahtform gebunden sind.* Die Drahtform ist bei diesen Erschütterungsschlägen in der That ganz gleichgültig; sie sind nichts anderes, als die Entladung einer allerdings etwas eigenthümlichen Leidener Flasche: denn Funken und Erschütterungen bleiben ganz dieselben, oder werden vielmehr noch verstärkt, wenn man in dem Versuche die Drahtform mit der Flächenform vertauscht. Der inducirende und inducirte Spiraldraht ist nothwendig, um eine *Ladung zu bewerkstelligen,* wie die Glaselektrisirmaschine nothwendig ist, um eine Leidener Flasche zu laden; aber die, *Erschütterungen und Funken verursachende, Entladung* der vollständig von einander isolirten beiden Spiraldrähte hat mit der Drahtform nichts zu thun, — ebenso wenig, wie die *Entladung* einer Leidener Flasche mit der Glaselektrisirmaschine noch etwas zu schaffen hat. Die Drahtform ist vielmehr in gewisser Hinsicht bei der nähern Untersuchung der fraglichen Erscheinung hinderlich und störend, weil durch sie die Erscheinungen der Stromelektricität und der gleichzeitig auftretenden Spannungselektricität sich gemischt darstellen können, wogegen die Platten, mit welchen ich die Inductionsrolle versehen habe, die spannungselektrischen Erscheinungen vollkommen *gesondert* von der Stromelektricität zur Erscheinung zu bringen gestatten. Die Drahtform trägt auch hauptsächlich die Schuld, dafs es nicht *jedesmal* gelingt, mit dem magneto-elektrischen Rotations-Apparate oder einer Volta-elektrischen Inductionsrolle, wenn sie auch fast hinreichende Spannungselektricität liefern, eine Leidener Flasche zu laden. Hr. Prof. J. Müller, welcher in seinem »*Bericht über die neuesten Fortschritte*« u. s. w. Bd. 1, S. 700 meine Beobachtungen über Spannungselektricität an ungeschlossenen Inductionsspiralen

bespricht, hat es doch aber nicht für gut befunden, auch anzuführen, dafs es gelungen sey, an Inductionsspiralen eine Leidener Flasche zu laden, — ein Versuch, der überhaupt noch mit grofsem Misstrauen betrachtet zu werden scheint. Ich fand mich daher kürzlich veranlafst, denselben noch einmal vorzunehmen, um wo möglich eine Weise aufzufinden, ihn mit gröfserer Sicherheit zu bewerkstelligen. Der *Grund* der Schwierigkeit, eine Leidener Flasche durch eine Inductionsspirale zu laden, liegt offenbar darin, dafs die Inductionsströme *momentane* Ströme sind, dafs sich also an den Enden der *offenen* Inductionsspirale *auch nur momentan freie Spannungselektricität befindet;* bringt man daher das eine Spiralende an die äufsere Belegung der Leidener Flasche und berührt dann mit dem Knopf der inneren Belegung das entgegengesetzte Drahtende *derselben* Spirale *auch nur einen Augenblick länger,* als die Spannungselektricität an demselben *besteht,* so mufs die Flasche, wenn sie sich auch wirklich geladen hatte, nothwendigerweise durch *längere* Berührung der *nun keine Elektricität mehr zurückführenden* Spirale wieder *entladen* werden. Ich half mir hierbei früher dadurch, dafs ich ein Stückchen mit Seide umsponnenen Kupferdrahtes zur Hälfte vom Seidengespinnst entblöfste, dieses blanke Drahtende um den Draht der innern Belegung der Leidener Flasche, nachdem der Knopf abgeschraubt war, wickelte und befestigte, nun den mit Seide übersponnenen, vorstehenden und am Ende in einen spitzen Winkel zurückgebogenen Drahttheil, etwa $\frac{1}{4}$ Zoll vom Ende, gegen das eine Ende der Inductionsspirale legte, indem ich die Flasche nebst dem entgegengesetzten Spiraldrahtende, gegen die äufsere Belegung angedrückt, hielt, und dann die Flasche rasch zurückzog, so dafs das mit Seide umsponnene Drahtende der innern Belegung der Flasche einen Augenblick über dem damit berührten Ende der Inductionsspirale schleifte. Die am Ende der Inductionsspirale sich ansammelnde Spannungselektricität schlug nun in Fünkchen durch das Seidengespinnst auf die innere Belegung der Flasche über; aber diese Belegung kam

nie in metallische Berührung mit der Inductionsspirale, und die Flasche konnte sich daher, durch die Continuität der Spirale selbst, nicht so leicht wieder *entladen*. Je nach der Dichtigkeit der Spannungselektricität, wandte ich einen einfachen oder mehrfachen Seidenüberzug an. Auf diese Weise gelang das Laden der Leidener Flasche, sowohl eines kleinen Kölbchens von etwa 9 □ Zoll, als auch eines grofsen Zuckerhafens von etwa $1\frac{1}{2}$ □ Fufs innerer Belegung jedesmal, so dafs ich in meinem angeführten Aufsatze mit Recht sagen konnte: »es gelang sehr leicht eine Leidener Flasche zu laden.«

Ich will jetzt eine an der Volta-elektrischen Inductions-Rolle und an der Saxton'schen Maschine leicht anzubringende Vorrichtung angeben, welche *Ladungstafel* heifsen mag, weil sie die Stelle einer gewöhnlichen Leidener Flasche vertritt, und ganz dieselben Wirkungen wie diese hervorbringt, deren Ladung aber keine Schwierigkeiten macht, die sich vielmehr unaufhörlich selbst ladet und entladet, und zwar mit einer solchen Energie, dafs die *hellglänzenden und knallenden Entladungsfünkchen, welche zwei Linien lang frei durch die Luft fahren, eine sechsfache Lage von Schreibpapier unausgesetzt durchbohren.*

Ich habe in meinem oben angeführten Aufsatze angegeben, dafs das in einem Glascylinder stehende Eisendrahtbündel der Volta-elektrischen Inductionsrolle, sehr starke Spannungselektricität zeigte, die mir schon damals stärker zu seyn schien als diejenige, welche an den ungeschlossenen Spiralenden selbst wahrgenommen wurde. Sie war desselben Zeichens wie die des inneren Drahtendes der Inductionsspirale; fafste man das *äufsere* Ende der Inductionsspirale und berührte mit dem Finger das eine oder andere Ende der Magnetisirungsspirale, oder auch die Kante des Eisendrahtbündels, so fühlte man sehr schmerzhafte Funken auf den Finger überströmen. Die der ganzen Oberfläche des Eisenkerns zunächst liegenden *inneren* Windungen der inducirten Spirale erregten also starke Spannungselektricität, nicht nur in der ihnen zunächst liegen-

den kurzen dicken Magnetisirungsspirale, sondern auch in dem *cylindrischen* Eisenkern. Hiernach liegt es nun sehr nahe, auch einen metallenen Cylinder ganz nahe den *äufsersten* Windungen der Inductionsrolle, gut isolirt von demselben, anzubringen, auf den die *äufsersten* Drahtwindungen der Inductionsspirale ebenso einzuwirken vermöchten, wie die *innern* Windungen auf das isolirte cylindrische Eisendrahtbündel einwirkten. Wie das Eisendrahtbündel starke Spannungselektricität zeigte und stärkere als das *innere* Ende der Inductionsspirale, *beide gleichen Zeichens*, so, darf man schliefsen, würde der *äufsere* Metallcylinder gleichfalls stärkere Spannungselektricität zeigen als das *äufsere* Ende der Inductionsspirale, und *gleichen* Zeichens, mit ihm — so dafs dann der *äufsere* Metallcylinder immer die *entgegengesetzte* Spannungselektricität haben würde wie der *innere* Metallcylinder, — das Eisendrahtbündel nämlich. Auf diese Weise hätte man zwei ziemlich grofse isolirte Metallflächen, die *momentan* immer gleichzeitig *entgegengesetzte* Spannungselektricitäten besäfsen; die zwar zu weit aus einander stehen, als dafs sie unmittelbar bindend auf einander wirken können, wie die innere und äufsere Belegung der Leidener Flasche, die aber der fortwährend momentan auftretenden Elektricitätsquelle, den äufsern und innern cylindrischen Flächen, welche die Inductionsspirale durch ihre innersten und äufsersten Drahtwindungen bildet, am günstigsten gelegen sind, um eine elektrische Einwirkung zu erleiden. Beide Metallcylinder (Ladungstafeln), könnten mit Knöpfen versehene, dicke Messingdrähte tragen, die je nach der Schlagweite beliebig einander genähert würden, damit durch sie, die Tafeln sich in demselben Momente, wo sie sich geladen haben, entladen könnten, ohne Gefahr zu laufen, dafs sie sich wie eine wirkliche Leidener Flasche, die man an den Spiraldrahtenden selbst ladet, durch eben dieselbe Spirale auch wieder entladeten. Nach dieser Idee stellte ich nur einen Apparat folgendermafsen zusammen:

1. Apparat.

Ein aus dünnen Eisendrähten bestehender Cylinder 5″ lang, 1″ 8‴ im Durchmesser, wurde an jedem Ende mit einer Holzscheibe von $3\frac{1}{2}$″ Durchmesser versehen, so dafs die Enden des Eisencylinders 1‴ aus der Mitte dieser Scheiben hervorragten. Da dieser Cylinder aufrecht zu stehen bestimmt ist, so hat er also eine obere und eine untere Holzscheibe. Zwischen den beiden Scheiben wurde der Eisencylinder mit einer mehrfachen Lage Seide, die mit Schellackauflösung getränkt war, umwickelt, darauf ein doppelt mit Seide umsponnener, mit Schellaklösung überzogener 1‴ dicker Kupferdraht hin und zurück, in 124 Windungen gewickelt und über diesen noch ein zweiter ganz gleicher Kupferdraht hin und wieder zurück, ebenfalls in 124 Windungen. Die vier Enden dieser beiden Drähte stehen unterhalb der untern Holzscheibe einige Zoll vor, und können leicht neben einander oder auch hinter einander mit einem Volta'schen Element verbunden werden. Im ersten Falle besteht dann also die Spirale aus 124 Windungen von zweifacher, in andern aus 248 Windungen von einfacher Draht-Dicke. Diese Magnetisirungsspirale ist mit einer doppelten Lage Taffet, der mit Schellaklösung getränkt und überzogen ist, umgeben, darauf ist ein Stanniolblatt geklebt, so dafs es einen 4″ langen aufgeschlitzten Cylinder bildet. Dieser Cylinder bleibt von den beiden Holzscheiben überall $\frac{1}{4}$″ entfernt; dem Schlitz gegenüber ist ein plattgeschlagener dicker Kupferdraht an den Cylinder gelöthet, welcher durch ein, in der obern Scheibe befestigtes Glasröhrchen, worin er durch Siegellack befestigt ist, auf die äufsere Seite der oberen Scheibe tritt, wo er $1\frac{1}{2}$ Zoll vorsteht und ein Messingkügelchen von 4‴ Durchmesser trägt. Der Stanniolcylinder ist wieder mit einer dicken Lage Schellack überzogen und dann noch mit Wachstaffet sorgfältig umgeben. Hierüber ist die 3000′ lange Inductionsspirale von $\frac{1}{4}$‴ dicken, doppelt mit Seide umsponnenen und mit Schellack überzogenen Kupferdrahte gewickelt. Die so gebildete $3\frac{1}{2}$″ im Durch-

messer haltende Drahtrolle ist noch einmal mit mit Schellack getränkter Seide und einem Blatt Wachstaffet umgeben, worauf dann wieder ein Stanniolblatt geklebt ist, welches einen 4″ hohen $3\frac{1}{2}$″ dicken Cylinder bildet, der der Länge nach aufgeschlitzt ist, so daſs die Ränder etwa einen Viertel Zoll aus einander stehen. Dem Schlitz gegenüber ist an diesem Stanniolcylinder auch wieder ein dicker Kupferdraht gelöthet, der durch ein Glasröhrchen $1\frac{1}{2}$ Zoll über die obere Holzscheibe, gut isolirt, geführt ist, und ein mit Reibung drehbares, 4‴ dickes Messingkügelchen trägt. Dieses Kügelchen steht $1\frac{1}{2}$ Zoll von dem des innern Stanniolcylinders entfernt und hat einen $1\frac{1}{2}$ Zoll langen Arm von dünnem Stahldraht, dessen Spitze durch Drehen der Kugel der, dem innern Stanniolcylinder zugehörigen Kugel beliebig genähert werden kann.

In der Mitte eines dicken quadratischen Brettchens von 6″ Seite liegt eine 5‴ dicke 1″ 9‴ im Durchmesser haltende Eisenscheibe mit einem 2″ langen horizontalen Arm, der in das Brettchen eingelassen ist. Dieser Arm ist an dem, der Scheibe entgegengesetzten Ende mit einem rechtwinklich aufsteigenden quadratischen Eisenständer verbunden, der 6″ hoch und $\frac{1}{2}$″ dick ist. Durch zwei Schrauben, die durch das in das Brettchen eingelassene Eisenstück gehen, ist die Scheibe und der Ständer auf dem Brettchen stark befestigt. Auf der Eisenscheibe ist der Eisendrahtkern und mit ihm die ganze oben beschriebene Inductionsrolle gestellt und durch eine Schraube sicher befestigt. Oben auf dem Eisencylinder liegt eine Eisenscheibe von derselben Gröſse und Dicke, wie die, worauf er steht; sie hat gleichfalls einen zwei Zoll langen Arm von Eisen, dessen Ende auf dem Eisenständer liegt und durch ein Gelenk beweglich an ihm befestigt ist. Auf der oberen Fläche dieses Arms ist eine Platinplatte gelöthet. Eine starke Stahlfeder, unter dem Arm, treibt die Scheibe in die Höhe von dem Eisencylinder ab. Neben dem Eisenständer steht auf demselben Brettchen eine Messingsäule, 7″ hoch, von deren oberem Ende ein horizontaler

Arm abgeht, der am Ende ein Schraubenloch hat, durch welches senkrecht eine Messingschraube geht, welche unten in eine Platinspitze endigt, welche auf die Platinplatte des eisernen Arms hinabgeht und gegen welche der bewegliche Arm durch die eben genannte Stahlfeder angedrückt wird. Die Platinspitze kann höher oder tiefer gestellt werden und der die Eisenscheibe tragende Arm kann durch zwei Schrauben, sowohl in seiner auf- und abgehenden Bewegung, als auch in der Kraft, mit der er von dem Eisencylinder ab und gegen die Platinspitze angedrückt wird, regulirt werden. Ein dritter, etwa 2 Zoll hoher, Messingständer steht der Messingsäule gegenüber, auf der entgegengesetzten Seite des Eisenständers. An dem Eisenständer sind die beiden Enden, an dem kleinen Messingständer die beiden Anfänge der magnetisirenden Drahtspirale und zugleich der eine Poldraht des Volta'schen Elements festgeschraubt; der andere Poldraht des Elements ist mit der hohen Messingsäule verbunden. Liegt nun die Platinplatte des die obere Eisenscheibe tragenden beweglichen Eisenarms gegen die Platinspitze der grofsen Messingsäule angedrückt, so ist das Volta'sche Element durch die Magnetisirungsspirale geschlossen; der Eisendrahtcylinder wird magnetisch und zieht die über ihm schwebende Eisenscheibe an sich, dadurch wird die Platinplatte des Eisenarms von der Platinspitze der Messingsäule abgezogen, und die Kette geöffnet; der Eisencylinder hört auf magnetisch zu seyn und läfst die Eisenscheibe wieder fahren, dadurch wird die Platinplatte wieder gegen die Platinspitze gedrückt, und die Kette wieder geschlossen u. s. w. Diese schliefsende und öffnende Hammervorrichtung hat nichts Eigenthümliches, wodurch sie sich von schon bekannten unterscheidet; aber die Wirkung des Apparats ist dadurch bedeutend *gesteigert*, dafs der stabförmige Elektromagnet bei seiner Thätigkeit, durch das zweimal im rechten Winkel gebogene, dicke Eisen *geschlossen* wird; dieses wirkt also wie der, die beiden Pole schliefsende Eisenanker eines hufeisenförmigen Elektromagneten, und

es ist bekannt, wie unverhältnifsmäfsig grofs die Kraft eines hufeisenförmigen gegen die eines bloßen stabförmigen Elektromagneten ist. Mit *einem* mäfsig grofsen Kupfer-Zinkelement verbunden, giebt der Apparat einen brausenden Orgelton, der Tisch und Stubendielen erzittern macht und weit hin gehört wird. Das Aufwickeln der dünnen langen Spirale kann aus freier Hand nicht so regelmäfsig geschehen, dafs die äufsersten Windungen einen platten Cylinder bilden, es kommen zuletzt immer Vertiefungen und höher liegende Stränge vor, wodurch es dann leicht geschieht, dafs tiefer gelegene und oberflächlicher gelegene Windungen sich berühren und die Spannungselektricität leicht von einer Windung auf die andere überschlägt. Diefs kommt am leichtesten an den Enden des Drahtcylinders, dicht bei den Holzscheiben vor. Um diefs zu verhindern und zuletzt eine platte cylindrische Fläche, auf die sich das äufsere Stanniolblatt allenthalben genau anlegt, zu erhalten, ist es zweckmäfsig, ehe man die äufserste Lage der Inductionsspirale wickelt, ein Blatt Schreibpapier um die schon gebildete Drahtrolle zu legen, und darüber die letzte Lage des Drahts zu wickeln, was dann vollkommen regelmäfsig geschehen kann.

Anfang und Ende der Inductionsspirale sind an messingene Schraubenklemmen gelöthet, die von zwei in dem Fufsbrettchen befestigte Glasständer getragen werden. Der Ständer, an welchem das innere Ende der Inductionsspirale befestigt ist, heifse *a*, der zweite, an den das äufsere Ende derselben gelöthet ist, *b*, — ebenso die Messingkugel des inneren Stanniolcylinders *A*; die Messingkugel des äufsern Stanniolcylinders *B*.

Zunächst war nun zu untersuchen, ob alle betreffenden Theile des Apparats, wie sie sollen, gut isolirt seyen. Zu dem Zweck verband ich den Ständer *a* und die Messingkugel *A* durch zwei Drähte mit dem Saxton'schen Apparat, der den Strom gröfster Spannung hervorbringt, so dafs, wenn zwischen den innersten Drahtwindungen der Inductionsspirale und dem innern Stanniolcylinder eine lei-

tende Verbindung bestanden hätte, der Strom der Saxton'schen Maschine hindurch gehen mufste. Ein miteingegeschaltetes empfindliches Galvanometer, welches in gehöriger Entfernung aufgestellt war, zeigte keine Spur eines Stroms an. Ich löste den Verbindungsdraht von der Kugel *A*, hielt diesen Draht in der Hand, und berührte die Kugel *A* mit der Zunge, während die Saxton'sche Maschine immer in Thätigkeit war; ich empfand aber keine Spur einer elektrischen Einwirkung. Die innern Drahtwindungen der Inductionsspirale waren also für Stromelektricität vollkommen isolirt vom innern Stanniolcylinder. Der Ständer *b* und die Metallkugel *B*, ganz auf dieselbe Weise untersucht, gaben dasselbe Ergebnifs; die Inductionsspirale war also überhaupt von den beiden Stanniolcylindern für Stromelektricität vollkommen isolirt. Nun untersuchte ich, wie diese Cylinder sich in dieser Hinsicht für Reibungselektricität verhielten. Ich verband den Messingknopf *A* durch einen Kupferdraht mit dem Knopf eines Goldblattelektroskops, während der Inductions-Apparat für sich, ohne galvanisches Element, auf einem gewöhnlichen, nicht polirten Holztische, also nicht gerade isolirt, stand. Als eine geriebene Siegellackstange gegen den Knopf des Elektroskops geführt wurde, gingen die Goldblätter aus einander und divergirten, nachdem die Siegellackstange entfernt war, noch lange Zeit. Der Messingknopf *B*, auf dieselbe Weise untersucht, zeigte sich für Reibungselektricität ebenfalls gut isolirt. Wenn aber das eine oder andere Ende der Inductiosspirale durch einen in den feuchten Boden eingegrabenen Draht vollständig abgeleitet wurde, so divergirten die Goldblätter des Elektroskops in Verbindung mit den Kugeln *A* oder *B* nicht mehr für die *Dauer;* sie zeigten bei Annäherung der geriebenen Siegellackstange eine kleine Bewegung, hingen aber sogleich wieder schlaff neben einander. Diefs ist ein Uebelstand, der durch die grofse Nähe der bedeutenden Metallmasse der Spiralen nicht auffallen kann, der aber auf die folgenden Untersuchungen von keinem erheblichen

Einfluſs ist und der sich wohl nur dadurch beseitigen lassen dürfte, daſs man die Stanniolcylinder, anstatt durch Seide, Schellack und Wachstaffet, durch dünne Glascylinder von den Spiralen trennte. Dieſs habe ich aber nicht ausgeführt. — Wenn jetzt die mit der Hammervorrichtung versehene Magnetisirungsspirale mit einem einfachen Kupfer-Zinkelement, von etwa 1 □Fuſs Zinkfläche, verbunden, und der ganze Apparat isolirt aufgestellt ist, so zeigen sich an den Enden der langen Inductionsspirale alle die spannungselektrischen Erscheinungen, welche ich früher in diesen Annalen Bd. 69, S. 361 angegeben habe, sehr energisch. Ohne diese Erscheinungen hier zu wiederholen, muſs ich mir doch eine Bemerkung darüber gestatten. Masson und Breguet haben nämlich angegeben, daſs man jedesmal Erschütterungen erhalte, wenn man das *eine* oder *andere* Ende der inducirten und immer nur das *entgegengesetzte* Ende der inducirenden Spirale anfasse. Ich hatte a. a. O. angegeben, daſs man nur dann Erschütterungen bekomme, wenn man das *äuſsere* Ende der inducirten Spirale und das *eine oder andere* Ende der inducirenden Spirale berühre, daſs man aber nichts fühle, wenn man das *innere* Ende der inducirten Spirale und das eine oder andere Ende der inducirenden Spirale anfasse. Diese Beobachtung war mir früher auffallend, auch ist sie in dem Berliner Jahres-Bericht mit einem Fragezeichen versehen, übergegangen, was ich bis vor Kurzem auch für vollkommen gerechtfertigt angesehen habe. Meine Beobachtung ist indessen ganz richtig; man bekommt *keinen* Erschütterungsschlag, wenn man das *innere* Ende der inducirten und zugleich irgend einen Theil der Magnetspirale berührt, sondern nur dann, wenn das *äuſsere* Drahtende der inducirten und zugleich irgend einen Theil der inducirenden Spirale, oder des Volta'schen Elements oder selbst die Ladungsflüssigkeit, in welcher es steht, berührt. Das Widersprechende beider Beobachtungen wird gelöst, und die Sache durch den Umstand vollkommen erklärt, daſs mein Apparat eine *kurze, dicke* inducirende Spirale hatte, in dem

Masson-Breguet'schen Apparat dagegen *beide* Spiralen *sehr lang* waren und *beide* also *freie Spannungselektricität* lieferten. Beim Oeffnen der Magnetisirungsspirale hatten bei dem Masson'schen Apparate also alle *vier Enden* der beiden Spiralen freie Spannungselektricität, und man empfand jedesmal Erschütterungsschläge, wenn man zwei, *verschiedenen* Spiralen zugehörige Drahtenden, die entgegengesetzte Elektricität hatten, berührte. Bei meinem Apparate hatten dagegen nur die *beiden* Enden der langen inducirten Spirale freie Spannungselektricität, die beiden Enden der kurzen dicken Magnetisirungsspirale an und für sich keine, aber die *inneren* Windungen der langen Spirale erregten, wie im Eisendrahtbündel, so auch in der ganzen Masse der Magnetisirungsspirale Spannungselektricität von *demselben Zeichen mit der* des *innern* Drahtendes der langen Spirale; es war also, wenn man das *äufsere* Ende der langen inducirten Spirale mit der einen Hand anfafste, völlig gleichgültig, welches Ende der Magnetisirungsspirale oder welchen mit ihr in Berührung stehenden Leiter man mit der anderen Hand anfafste; immer erhielt man einen Erschütterungsschlag, weil alle diese Theile durch Einwirkung der *innern* Spiralwindungen der langen Spirale die entgegengesetzte freie Spannungselektricität des entgegengesetzten *äufsern* Endes der Spirale hatten. Fafste man dagegen das *innere* Ende der langen Spirale und zugleich einen Theil der Magnetisirungsspirale oder das Eisendrahtbündel an, so konnte man keinen Schlag bekommen, weil beide *eine und dieselbe* freie Spannungselektricität hatten und also ein Ausgleichen entgegengesetzter Elektricitäten hier nicht stattfand.

2. Spannungselektrische Erscheinungen der Stanniolcylinder.

Die beiden Stanniolcylinder zeigen die spannungselektrischen Erscheinungen in *verstärktem* Maafse und bietet ihre nähere Untersuchung in vielfacher Hinsicht noch besonderes Interesse dar.

Die beiden über der Drahtrolle hervorragenden, mit je einem Stanniolcylinder verbundenen Messingkugeln *A* und *B* repräsentiren vollkommen eine kleine Elektrisirmaschine, indem die eine unausgesetzt, aber immer nur momentan positive, die andere negative Elektricität liefert, die sich bedeutend verstärkt, wenn die gerade nicht untersuchte Kugel oder das ihr entsprechende Ende der Inductionsspirale zur Erde abgeleitet ist; ganz so, wie bei der Elektrisirmaschine, wo sich der Conductor stärker ladet, wenn das Reibzeug abgeleitet ist, und das Reibzeug, wenn der Conductor abgeleitet ist. Die *Kugel A* hat immer *dieselbe* Elektricität wie das *Drahtende a*, — die *Kugel B dieselbe* wie das *Drahtende b*. — Diefs zeigt sich deutlich, wenn man ein Goldblattelektroskop erst mit dem einen oder andern Ende der Inductionsspirale, und dann auch mit der einen oder andern Kugel verbindet und die bei jedem der vier Versuche erhaltene Divergenz der Goldblätter mit einer geriebenen Siegellackstange untersucht. Das *momentane* Auftreten der Elektricität wird unmittelbar an den Goldblättern sichtbar, indem dieselben, wenn das Elektroskop in Verbindung mit der einen oder anderen Kugel bleibt, unausgesetzt rasch aus einander fahren und wieder ebenso rasch zusammenschlagen. Diese Bewegungungen sind nicht regelmäfsig, am wenigsten, wenn die Hammervorrichtung in sehr schneller Bewegung begriffen ist, was aus der Höhe des Tons beurtheilt wird. Man sieht dann die Goldblätter höchst unregelmäfsige Bewegungen machen, sie schlagen oft aus einer geringeren Divergenz in doppelt so grofse aus einander, ohne vorher wieder zusammengegangen zu seyn; dann fahren sie heftig ganz zusammen oder nur zum Theil, und gehen dann wieder zu einer mittleren oder gröfsten Divergenz aus einander.

Jede der beiden Kugeln *A* und *B* giebt *für sich Fünkchen*, stärkere, wenn die entgegengesetzte abgeleitet ist; dieselben fahren bis auf *zwei Linien* Entfernung auf genäherte metallene Leiter oder auf den Fingerknöchel; sie

sind höchst fein und linienartig, röthlich schwach leuchtend, aber empfindlich stechend. Wenn man sie auch längere Zeit entweder von der Kugel *A* oder von der Kugel *B* auf Jodkaliumkleister schlagen läfst, verursachen sie *keine* Ausscheidung von Jod.

Dreht man nun aber die eine Kugel mit dem Drahtarm so weit herum, dafs die Drahtspitze etwa zwei Linien von der anderen Kugel entfernt steht, gleichviel ob eine der Kugeln abgeleitet ist oder nicht, so schlagen jetzt *weifsleuchtende, knallende, körperhafte Funken unausgesetzt über*, so schnell, dafs man nicht abgesonderte Funken, sondern einen stetigen breiten Lichtstreifen sieht, der in fortwährend verändertem Bogen verläuft und einen auffallend starken Ozon-Geruch verbreitet. Diese Funken sind so stark, dafs sie *sechsfach zusammengelegtes Schreibpapier durchschlagen, Alkohol oder mit Colophonium bestreute Baumwolle augenblicklich entzünden* und in einer Entfernung von 20 Schritten, trotz des Geräusches, welches die durch einen Kautschuck-Buffer gedämpfte Hammervorrichtung verursacht, gehört werden. Berührt man die eine Kugel mit der Hand, und nähert der anderen einen Fingerknöchel, so dafs ein einzelnes Fünkchen auf ihn springt, so empfindet man einen *heftigen Erschütterungsschlag*, wie von einer kleinen aber stark geladenen Leidener Flasche. Bringt man den Finger näher, so dafs fortwährend Fünkchen überschlagen, oder *berührt* man beide Kugeln, so sind die Erschütterungen continuirlich und unerträglich heftig.

Läfst man die Funken durch ein mit Jodkaliumkleister bestrichenes Papier schlagen, so bringt jeder Funken einen *schwarzbraunen, breiten Jodfleck hervor*, so dafs man in wenigen Sekunden durch Fortbewegung des Papiers eine kleine Zeichnung oder Schriftzüge darstellen kann.

In Rücksicht der Länge und Stärke der Funken ist es nicht gleichgültig, wie man die Drahtspitze der Kugel gegenüber stellt; eine scharfe feine Nähnadel kann in der Richtung des verlängerten Radius der Kugel bis auf eine $\frac{1}{8}$ Linie

genähert werden, ohne dafs Fünkchen überschlagen; sie sind am *stärksten*, wenn die Nadel der einen Kugel rechtwinklich auf den Radius der andern Kugel und etwa 2 Linien von ihr entfernt steht.

3. Bedingungen, unter welchen Spannungselektricität in den Stanniolcylindern hervorgerufen, verstärkt oder geschwächt wird; Entstehungsursache derselben.

Wenn ein Galvanometer von 200 gut isolirten Drahtwindungen zwischen die Drahtenden *a* und *b* der Inductionsspirale eingeschaltet war, so wurde die Nadel mehrmals im Kreise herumgeschleudert, östlich oder westlich, je nachdem man mit der Hand die Magnetisirungsspirale schlofs oder öffnete. War unter denselben Bedingungen dasselbe Galvanometer zwischen den Kugeln *A* und *B* eingeschaltet, so blieb die Nadel unverrückt stehen; auch dann wurde sie nicht im Geringsten afficirt, wenn ein kürzer oder längerer nasser Faden mit eingeschaltet war. Verband man aber die beiden Drahtenden des Galvanometers mit je einem Rande des Schlitzes des äufsern Stanniolcylinders, so wurde die Nadel um 1 oder 2 Grade abgelenkt, und zwar in demselben Sinne, wie wenn das Galvanometer zwischen *a* und *b* eingeschaltet war. Der, eine einzelne, sehr breite Windung darstellende Cylinder zeigte also, durch den Galvanometerdraht geschlossen, einen höchst unbedeutenden Inductions*strom*, der nur durch die kurze dicke Magnetisirungsspirale inducirt seyn konnte, weil die lange Spirale, *ungeschlossen* wie sie war, einen Nebenstrom zu erregen nicht vermag. Die sehr *starke Spannungselektricität*, die der Cylinder zeigt, kann also in keinerlei ursächlicher Abhängigkeit von dem in ihm bestehenden schwachen Strome stehen; dieselbe kann vielmehr nur durch Einwirkung der langen offenen Spirale veranlafst seyn. Wurde der Leitungswiderstand der magnetisirenden Spirale vermehrt, dadurch, dafs die beiden sie bildenden Spiraldrähte, anstatt neben einander, hinter einander mit dem einzelnen Kupfer-Zink-Element verbunden waren, oder

wurde der Leitungswiderstand in dem Elektromotor vermehrt, dadurch, das an Stelle des einen Elements zwei oder drei säulenartig mit der Magnetisirungsspirale verbunden waren, so wurde die Spannungselektricität der Stanniolcylinder *vermindert*.

Waren die beiden Magnetisirungsspiralen neben einander mit einem einfachen, aber sechsmal so grofsen Kupfer-Zinkelement verbunden, so wurden die Funken zwischen *A* und *B* nur etwas gröfser, als mit dem sechsmal kleineren Element. Wurden sechs der kleinern Elemente säulenartig mit dieser Magnetisirungsspirale verbunden, so waren die Funken bedeutend schwächer und kleiner, als wenn ein einzelnes dieser Elemente damit verbunden war. Wurde der Leitungswiderstand in dem einfachen Element verringert, dadurch, dafs die Ladungsflüssigkeit recht stark angesäuert wurde, so wurde die Spannungselektricität der Stanniolcylinder erheblich verstärkt. Im Allgemeinen zeigte es sich also, dafs mit Vergröfserung der Elektricitätsmenge, die in der Magnetisirungsspirale sich bewegte, die Funken zwischen den Kugeln *A* und *B* etwas zunehmen, dafs dagegen mit Vermehrung der Dichtigkeit und Bewegungsgeschwindigkeit der Elektricität in der Spirale, die Stärke dieser Funken bedeutend *abnimmt*. Die Länge dieser Funken, ihre Schlagweite, blieb sich bei den angeführten Veränderungen immer ziemlich gleich; sie wird also von andern Umständen bedingt, und wie mir scheint, hängt sie vorzüglich von der *Länge* der offenen Inductionsspirale ab.

Von überraschendem Einflufs auf die spannungselektrischen Erscheinungen der Stanniolcylinder ist der *Platinstift*, durch den die Stromschliefsung und Unterbrechung geschieht. Dieser Stift $\frac{1}{4}''$ lang, $\frac{1}{2}'''$ dick, war durch längern Gebrauch des Apparats bis zu Ende abgebrannt, und da mir ein ähnlicher Platinstift fehlte, so ersetzte ich ihn, so wie auch die Platinplatte durch ein Drahtstück, und eine Platte von *chemisch reinem Silber*. Der Apparat arbeitete mit diesem *Silberstift* anhaltend regelmäfsig; es zeigte sich an ihm und an der Silberplatte, die er berührte, nicht eine

Spur

Spur von Schmutz; er verbrannte sehr wenig; die Fünkchen, welche entstanden, wenn er von der Silberplatte abgerissen wird, waren klein, grüngolden und von kurzer Dauer, so dafs, wenn man das Auge durch Schütteln des Kopfes auch noch so rasch bewegte, man ihre Intermittenz nur undeutlich erkennen konnte. Dagegen hatte sich der *Platinstift* sehr bald abgenutzt; in weitem Umkreise der Berührungsstelle war die Platinplatte stets mit einem schwarzen Rufs bedeckt; Platintheilchen, welche sich durch die Funken von dem Stift ablösen, setzen sich auf die Platinplatte in dicken Klümpchen fest, so dafs sie nicht anders als mit der Feile weggenommen werden konnten, wenn die Platinplatte wieder eben seyn sollte. Die Funken waren grofs und breit, völlig flammenartig, so dafs sie die Platinspitze in einem Umfange von 2^{mm} umhüllten und oft nach der einen oder andern Seite noch weiter hervorplatzten. Sie erschienen dem Auge lange andauernd; schon bei mäfsig rascher Bewegung des Auges, dadurch, dafs man den Kopf hin und her dreht, kann man sich von ihrer Intermittenz sehr leicht überzeugen. Es erscheinen dann nämlich sehr deutlich 5 bis 6 Fünkchen gleichzeitig, etwa $\frac{1}{2}$ Zoll in einer geraden Linie aus einander stehend.

Noch ein bemerkenswerther Umstand zeigte sich bei Anwendung des Platinstifts, der nämlich, dafs die über dem Eisendrahtbündel schwebende Eisenplatte in ihrer auf- und abgehenden Bewegung einen viel gröfseren Bogen durchlief, als bei Anwendung des Silberstifts. Bei Anwendung des letztern verliefs die Silberplatte den Silberstift nur auf eine äufserst kleine Entfernung, um sogleich wieder an denselben zurückzukehren; war dagegen der Platinstift aufgesteckt, so entfernte sich die Platinplatte so weit von ihm, dafs die Eisenscheibe leicht auf das Eisendrahtbündel aufschlug, was beim Silberstift nie der Fall war. Bei diesen Vergleichungen blieb sich alles andere natürlich gleich, namentlich der Federdruck, wodurch die Eisenscheibe von dem Drahtbündel abgetrieben wird, wenn dieses aufhört magnetisch zu seyn.

Hiernach schien also der Silberstift grofse Vorzüge vor dem Platinstift zu haben. Zu meiner grofsen Ueberraschung zeigte sich aber bei Anwendung des *Silberstifts kaum eine Spur von Spannungselektricität* an den Stanniolcylindern. Ich konnte die Drahtspitze der Kugel *B*, der Kugel *A* bis zur Berührung nahe bringen, es zeigte sich nur dann und wann ein kaum sichtbares Fünkchen; ich berührte beide Kugeln mit den Fingern, oder mit einem Finger und der Zungenspitze und empfand nur eine unbedeutende elektrische Einwirkung, die mit den unausstehlich heftigen Erschütterungen, die bei Anwendung des *Platinstifts* stattfanden, gar nicht zu vergleichen waren. Dieser interessante Umstand scheint den deutlichsten Beweis zu liefern, dafs die Stärke der Spannungselektricität der Stanniolcylinder hauptsächlich bedingt wird durch die *Gröfse der Dauer* der Elektricitätsbewegung in den Drahtspiralen. Was kann nämlich wohl die Ursache des grofsen Unterschiedes in der Wirkung des Platin- und des Silberstifts seyn? Der verschiedene Leitungswiderstand eines $\frac{1}{4}$ Zoll langen, dicken Drahts von Platin oder Silber kann die Ursache davon nicht wohl enthalten. Um den möglichen Zweifel hierüber zu beseitigen, löthete ich ein papierdünnes Plättchen Platin auf die Spitze des Silberstifts und es zeigten sich nun die spannungselektrischen Erscheinungen sogleich wieder ganz in derselben Weise, wie bei Anwendung des Platinstifts. Es war also klar, dafs nur in der *Berührung des einen oder des anderen Metalles der Grund der unterschiedlichen Wirkung liegen konnte:* also in dem *verschiedenen Uebergangswiderstande an der Berührungsstelle des Platins oder des Silbers* — und dann in der *Wirkung des Funkens selbst,* der beim Platinstift so auffallend *verschieden* von dem beim Silberstift sich zeigte. Diefs voraussetzlich angenommen, erklärt sich die unterschiedliche Wirkung des Platin- und Silberstifts dann folgendermafsen. Trotz der grofsen Schnelligkeit des Schliefsens und Oeffnens der Magnetisirungsspirale durch die Hammervorrichtung ist im Moment, wo der *Silberstift* die Silberplatte

berührt, wegen des geringen Uebergangswiderstandes dieses vorzüglich gut leitenden Metalls eine *vollkommen gute Leitung* für den Strom *augenblicklich* herstellt; und ebenso ist, wenn dieser Stift die Platte verläfst, *augenblicklich* diese Leitung vollständig unterbrochen, so dafs daher sowohl der Schliefsungsstrom, als auch der Oeffnungsstrom in der Magnetisirungsspirale völlig instantan auftritt. Der erste ist vollständig verlaufen, wenn der zweite beginnt, und dieser ist gleichfalls völlig beendigt, wenn der erstere wieder eintritt. Gleich diesen Strömen sind denn auch die, durch sie verursachten, Bewegungen der beiden Elektricitäten in der langen inducirten Spirale: auch sie sind also instantan. Bei Anwendung des *Platinstifts* ist dieser Vorgang wesentlich verändert. Der Uebergangswiderstand oder die Verzögerungskraft an der Berührungsstelle des Platinstifts und der Platinplatte ist sehr grofs, der Schliefsungsstrom in der magnetisirenden Spirale daher verlangsamt. Diese längere Stromdauer erregt in dem Eisendrahtbündel einen *stärkeren* Magnetismus, als der instantane Strom bei Anwendung des Silberstifts erregen konnte, weil bei der *Trägheit* des Eisens, *Magnetismus anzunehmen,* die *Zeit* fehlte zur völligen *Entwickelung* eines magnetischen Maximums. Dieser *Verzögerung* des Stroms in der Magnetisirungsspirale entspricht nun auch die Elekricitätsbewegung in der langen inducirten Spirale; auch diese ist *verlangsamt.* Diese Spirale ist aber nicht geschlossen; durch den Inductionsvorgang sammelt sich also *während einer längeren Zeit* entgegengesetzte freie Spannungselektricität an ihren Enden *a* und *b.* Dafs diese Elektricitätsbewegung eine verlangsamte ist, geht auch daraus hervor, dafs, wenn im Moment, wo sie vor sich geht, die Drahtenden *a* und *b* angefafst werden, man keinen oder nur einen unbedeutenden Schlag empfindet; die Bewegung ist zu langsam, als dafs sie einen Schlag verursachte, der dagegen bei Anwendung des Silberstifts *deutlicher* gefühlt wurde. Diese entgegengesetzten Elektricitäten *bestehen nur so lange bei a und b, als sie sich eben nach a und b*

hinbewegen, das heifst, so lange als ihre Ursache, die Inductionswirkung des sich *ausbildenden* Elektromagnetismus, dauert. Hat diese Ursache aufgehört, ist der Elektromagnetismus des Eisendrahtbündels *vollständig entwickelt*, so verlaufen sie sich *passiv* in dem Drahte, sie gleichen sich rückläufig in der langen offenen Spirale wieder zu 0 aus.

Wenn nun aber, *ehe* das passive Zurücksinken dieser Elektricitäten *geschehen ist*, die Magnetisirungsspirale durch den Platinstift *geöffnet* wird und ihr Oeffnungsstrom eine der vorigen *entgegengesetzte* Elektricitätsbewegung in der langen, offenen Inductionsspirale hervorruft, so wird also, weil eben die lange Inductionsspirale noch nicht in den natürlichen elektrischen Zustand wieder zurückgekehrt ist, sondern die entgegengesetzten Elektricitäten noch in ihrer Bewegung nach *a* und *b* hin begriffen sind oder sich hier gerade am stärksten verdichtet haben, eine sehr viel gröfsere Menge entgegengesetzter Elektricitäten mit grofser Energie nach den entgegengesetzten Enden der langen Inductionsspirale hingetrieben. Das passive Zurücklaufen der bei *a* und *b* verdichteten Elektricitäten trifft daher *gleichzeitig mit der Inductionswirkung des Oeffnungsstroms der Magnetisirungsspirale zusammen;* beide Vorgänge, der passive und der active, treiben diese Elektricitäten nach den, den frühern entgegengesetzten Richtungen *gleichzeitig* hin, wogegen bei Anwendung des *Silberstifts* beide Vorgänge nicht *gleichzeitig*, sondern *einer nach dem anderen* erfolgte und also eine viel kleinere Menge Elektricität in Bewegung war. Dafs dem so ist, geht daraus hervor, dafs, wenn man die Enden der langen Spirale mit je einer Hand anfafst, während *die schon längere Zeit hindurch geschlossen gewesene* Magnetisirungsspirale, geöffnet wird, man einen weit schwächeren Schlag bekommt, als wenn das Oeffnen *augenblicklich auf das Schliefsen erfolgt:* im ersten Falle sind nämlich die an den Enden der langen Spirale angehäuften entgegengesetzten Elektricitäten schon wieder im Drahte selbst ausgeglichen, der Draht ist wieder in den natürlichen elektrischen Zustand zurückgekehrt;

im andern Fall ist diefs noch nicht geschehen, die Elektricitäten sind an den Drahtenden noch angehäuft, wenn die durch den Oeffnungsstrom der Magnetisirungsspirale veranlafste rückläufige Bewegung dieser Elektricitäten hervorgerufen wird, weshalb sich jetzt eine viel *gröfsere* Menge Elektricitäten nach entgegengesetzten Drahtenden hinbewegt.

Der Oeffnungsstrom, der in der Magnetisirungsspirale entsteht, wenn die Platinspitze von der Platinplatte abgerissen wird, tritt gleichfalls nicht absolut momentan auf; weil durch den *Einflufs des hier entstehenden Funkens* die Leitung nicht *plötzlich* mit einem Mal vollkommen *unterbrochen wird.* Indem nämlich von der Platinspitze durch den Funken eine *grofse Menge Theilchen abgerissen werden,* wird der *metallschwangere, breit ausgedehnte und langandauernde Funken selbst, so lange er besteht,* ein mehr oder weniger vollkommener *Leiter* zwischen den getrennten Enden (Platinspitze und Platinplatte) der Magnetisirungsspirale, so dafs, wie diese Trennung also nach und nach erfolgt, auch der Oeffnungsstrom während einer *längeren* Zeitdauer verläuft. Die Folge hiervon ist, dafs nun auch die durch diesen verlangsamten Oeffnungsstrom der Magnetisirungsspirale hervorgerufene Elektricitätsbewegung in der langen, offenen Inductionsspirale verlangsamt auftritt, dafs sich die angehäuften entgegengesetzten Elektricitäten der Drahtenden *a* und *b* nach den entgegengesetzten Enden des Drahts hin *während einer längern Zeitdauer bewegen,* und in den innersten und äufsersten Windungen der offenen Inductionsspirale für einen Augenblick sich verdichten. Die Schliefsung und Unterbrechung durch den Platinstift übt also, im Gegensatz zu der durch den Silberstift, einen dreifachen Einflufs aus: einmal veranlafst sie eine *stärkere Magnetisirung* des Eisenskerns, dann, dafs während des Oeffnungsstroms der Magnetisirungsspirale eine weit *gröfsere Menge* entgegengesetzter Elektricitäten von den Enden der langen offenen Inductionsspirale *zurückläuft* und *getrieben* wird, — und drittens, dafs die

Bewegung dieser Elektricitätsmengen während einer *längern Zeitdauer* geschieht. Diese *Verzögerung* ist indessen jedenfalls nur eine *äufserst geringe* und dürfte noch *kleiner* seyn als die in dem Schliefsungsbogen der Leidener Flasche. Wenn man nämlich bedenkt, dafs die entgegengesetzten Elektricitäten auf oder vielmehr in den Glasflächen der Leidener Flasche mit einer nicht unbedeutenden Tenacität haften, dafs auch das Anlegen des Schliefsungsbogens an die Belegungen, selbst wenn diefs durch Auffallenlassen einer Kugel geschieht, immer doch einen kleinen Zeitaufwand erfordert, und dafs endlich trotz der grofsen Schnelligkeit, womit das Schliefsen der Flasche überhaupt geschehen kann, dennoch stets ein *Funken* entsteht, der wegen des zu überwindenden Leitungswiderstandes der Luft eine Verzögerung der Entladung verursachen mufs, so ist es mehr als wahrscheinlich, dafs die Elektricitätsbewegung in der offenen Inductionsspirale noch weit schneller vor sich geht, als in dem Schliefsungsbogen der Leidener Flasche; denn in jener findet von den drei eben angegebenen Verzögerungsursachen nur die *eine* statt, die nämlich, des länger dauernden *Oeffnungsfunkens* der Magnetisirungsspirale. Bei der grofsen aus 3520 Paaren bestehenden Gassiot'schen Batterie kam, wenn ihre Pole so dicht an einander lagen, dafs in jeder Sekunde ein Funken überschlug, die Nadel eines mit ihr zusammengestellten Galvanometers ins Schwanken. (Vergl. Ann. Bd. 65, S. 478). Der Strom, den diese *offene* Säule in den Drahtwindungen des Galvanometers verursachte, war also noch verzögerter als der im Schliefsungsbogen der Leidener Flasche, weil er ohne Einschaltung eines nassen Fadens die Magnetnadel afficirte. Es ist mir in keiner Weise gelungen, durch den Entladungsstrom der *offnen* Inductionsspirale die Magnetnadel des eben erwähnten Galvanometers von 200 gut isolirten Drahtwindungen abzulenken, — was durch den mittelst eines nassen Fadens verzögerten Entladungsstrom der Leidener Flasche bei demselben Galvanometer leicht gelang. Ich spreche daher die Vermuthung aus, dafs in der

Reihenfolge der von Hrn. Prof. Dove nach der *Zeitdauer* classificirten elektrischen Ströme der Entladungsstrom der *offenen* Inductionsspirale noch *vor* dem Strome der sich entladenden Leidener Flasche rangiren dürfte.

Die Versuche, den Strom der *offenen* Inductionsspirale auf die Galvanometernadel wirken zu lassen, stellte ich so an, dafs ich das eine Ende des Galvanometerdrahts mit der Schraubenklemme des Endes *a* der Inductionsrolle verband, dann in der Schraubenklemme des entgegengetzten Endes *b* derselben das Kopfende einer langen Stecknadel festschraubte. Die Spitze dieser Nadel ragte bis in die Mitte eines an beiden Enden mit Korkpfropfen verschlossenen Glasröhrchens hinein, und stand hier der Spitze einer zweiten Stecknadel gegenüber, welche durch den gegenüberstehenden Kork in das Röhrchen gesteckt, und deren Kopf mit dem anderen Ende des Galvanometerdrahts verbunden war. Der Galvanometerdraht und die Inductionsspirale waren also zu einer ununterbrochenen Kreisschliefsung verbunden, wenn die beiden Nadelspitzen in dem Glasröhrchen sich berührten; sie waren aber durch einen kleineren oder gröfseren Zwischenraum unterbrochen, wenn die Nadelspitzen mehr oder weniger aus einander standen. Standen die Nadelspitzen etwa 1''' aus einander, so schlugen seltene, feine Fünkchen zwischen ihnen über; die Galvanometernadel wurde aber *nicht* abgelenkt, *auch dann nicht,* wenn die Nadelspitzen nur etwa $\frac{1}{10}$ Linie aus einander standen, ununterbrochen Fünkchen überschlugen und noch ein nasser Faden zwischen dem einen Galvanometerdrahtende und dem aus dem Glasröhrchen vorstehenden Nadelknopf eingeschaltet war. Fafste man, nach Entfernung des Galvanometers, das eine Ende der Inductionsspirale mit der einen und die aus dem Glasröhrchen vorstehende Nadel mit der anderen Hand, so bekam man bei jedem Ueberspringen eines Fünkchens zwischen den Nadelspitzen unerträglich heftige *Erschütterungsschläge.* Berührte der aus dem Glasröhrchen vorstehende Nadelknopf ein Stückchen mit Jodkaliumkleister bestrichenes

Papier, auf welchem zugleich ein in der Drahtklemme des entgegengesetzten Endes der Inductionsspirale befestigter Kupferdraht lag, so entstand mit jedem zwischen den Nadelspitzen überschlagenden Fünkchen ein *dunkler Jodfleck*. Darnach zu urtheilen, wäre es nun möglich, dafs das angewandte Galvanometer nicht passend für den vorliegenden Zweck eingerichtet gewesen wäre, und dafs der Entladungsstrom der *offenen* Inductionsspirale bei Anwendung eines zweckmäfsiger eingerichteten Galvanometers die Magnetnadel dennoch abgelenkt haben würde.

Der elektrische Vorgang bei diesen Versuchen, den ich nicht angestanden habe, *Entladungsstrom* der *offenen* Inductionsspirale zu nennen, ist offenbar dieser: Schliefsungsstrom der Magnetisirungsspirale und *werdender* Magnetismus des Eisenkerns veranlassen eine längere Zeit andauernde Bewegung entgegengesetzter Elektricitäten nach den Enden der langen offenen Inductionsspirale, so dafs sich z. B. nach ihrem Ende *a* positive, nach ihrem Ende *b* negative Elektricität hinbewegt und erstere in den innersten Drahtwindungen, letztere in den äufsersten Drahtwindungen sich für einen Augenblick ansammelt. Diese Bewegung dauert so lange, wie der Elektromagnetismus in seiner *Entwickelung begriffen ist;* ist diefs geschehen, hat der Eisenkern sein magnetisches Maximum erlangt, so gleichen sich die nach *a* und *b* hinströmenden Elektricitäten rückläufig im Drahte wieder aus: *ehe diefs indessen geschehen ist,* tritt der *Oeffnungsstrom* in der Magnetisirungspirale ein; dieser und der zugleich verschwindende Magnetismus des Eisenkerns verursachen eine *weit heftigere entgegengesetzte Bewegung der Elektricitäten* in der langen offenen Inductionsspirale, so dafs jetzt die bei *a* und in den innersten Drahtwindungen angesammelte *positive* Elektricität mit grofser Heftigkeit nach *b*, und die bei *b* und in den äufsersten Drahtwindungen angesammelte *negative* Elektricität ebenso heftig nach *a* hinstürzt. Sind diese Enden *a* und *b* der Inductionsspirale nun aber durch die mit ihnen verbundenen Nadelspitzen in dem Glasröhrchen einander so nahe

gebracht, dafs der Leitungswiderstand der Luft zwischen diesen Spitzen nicht gröfser ist als die Dichtigkeit der nach eben diesen Nadelspitzen für einen Augenblick hinstürzenden entgegengesetzten Elektricitäten, so werden sich diese nicht rückläufig im Drahte wieder neutralisiren, sondern sie werden den *Trennungsraum zwischen den Nadelspitzen durchbrechen müssen* und *sich in einem Funken entladen*. Es versteht sich von selbst, dafs hier die dichten Elektricitäten der Enden *a* und *b* die Luftschicht zwischen ihnen nicht darum durchbrechen, weil der Leitungswiderstand einer sehr langen Inductionsspirale gröfser ist als der dieser Luftschicht, oder als der Leitungswiderstand des menschlischen Körpers, wenn dieser eingeschaltet ist, wie Masson und Breguet wollten, sondern darum, weil die, in der langen Inductionsspirale selbst, thätige elektromotorische Kraft plötzlich diese Elektricitäten nach den beiden Enden der Spirale hintreibt und für einen Augenblick in dem Maafse verdichtet, dafs sie eben den Leitungswiderstand der Luftschicht oder des eingeschalteten menschlichen Körpers durchbrechen müssen.

Zu behaupten, dafs, während des angegebenen Vorgangs in der Inductionsspirale, die entgegengesetzten Elektricitäten von den Enden der Spirale rückläufig im Drahte selbst sich ausgleichen müfsten, weil ein noch so langer Kupferdraht doch immer ein besserer Leiter sey als eine noch so dünne Luftschicht, wäre völlig widersinnig; denn eine active Bewegung nach vorwärts kann unmöglich *gleichzeitig* eine passive Bewegung nach rückwärts seyn.

Der elektrische Vorgang bei dem Entladungsstrom der offenen Inductionsspirale steht übrigens auch gar nicht so vereinzelt da. »Priestley bog einen dünnen messingenen Draht von 1 Yard Länge in die Form des grofsen Omega (Ω) und legte die Enden desselben an die Belegung einer geladenen Flasche. Als die Oeffnung des Omega $\frac{1}{3}$ Zoll betrug, ging durch dieselbe bei der Entladung ein starker Funken über.« Hier wurde also eine *Luftschicht* zwischen den Enden eines und desselben, und

gar nicht einmal langen, Drahts durchschlagen, obgleich den, sich dadurch entladenden, Elektricitäten die gute, verhältnifsmäfsig kurze *metallene* Leitung dargeboten war. Hr. Prof. Riefs hat gezeigt, dafs durch den Funken der hier stattfindenden *Seitenentladung* eine *Leitung* in der Oeffnung des Omega hergestellt wird, durch welche *jetzt erst auch* ein *grofser* Theil des Entladungsstroms ebenfalls hier und *nicht durch den* 1 *Yard langen Schliefsungsbogen* übergeht. (Vergl. Pogg. Ann. Bd. 76, S. 485). Ob der *ganze* Entladungsstrom der *offenen* Inductionsspirale durch die Nadelspitzen gehe, oder ob mit dem Schwinden der Inductionswirkung der Magnetisirungsspirale auch *ein Theil* desselben durch die Inductionsspirale selbst *rückläufig* sich ausgleiche, — das habe ich noch nicht erfahren können. In den eben besprochenen Versuchen standen sich zwei Spitzen gegenüber, zwischen denen durch gegenseitige *Mittheilung* Austausch der entgegengesetzten Elektricitäten stattfand; ich änderte den Versuch dahin ab, dafs zwei grofse *Metallflächen*, die durch dickes Glas von einander getrennt waren, sich gegenüber standen, zwischen denen voraussichtlich also nicht *Mittheilung* sondern nur *Influenzwirkung* statthaben konnte. Eine grofse Leidener Flasche wurde isolirt aufgestellt und die äufsere Belegung derselben mit dem Inductionsspiralende *a*, welches beim Oeffnungsstrom der Magnetisirungsspirale immer + elektrisch war, verbunden; das Ende *b* dieser Spirale war zur Erde abgeleitet. Stellte man sich jetzt auf einen isolirenden Harzkuchen und näherte einen Finger der *Kugel der innern Belegung* der Leidener Flasche, so sprangen stechende *Funken* auf den Finger. Fafste man mit der andern Hand zugleich das Ende *b* der Inductionsspirale, so erhielt man mit jedem von der Kugel auf den Finger springenden Fünkchen einen starken *Erschütterungsschlag*. Jod wurde durch diese Funken *ausgeschieden*, ein eingeschaltetes Glalvanometer aber *nicht* afficirt. Berührte man dagegen die *äufsere* Belegung der Flasche und zugleich die *Kugel der innern Be-*

legung, so empfand man *gar nichts*, auch sprang jetzt *kein* Fünkchen von der Kugel auf den Finger.

Dieselben Erscheinungen traten ein, wenn zwei Leidener Flaschen isolirt aufgestellt, und ihre äufseren Belegungen mit je einem der Enden *a* und *b* der Inductionsspirale verbunden waren, und keines derselben zur Erde ableitete. *Jede* der beiden *Kugeln für sich* gab stechende Fünckchen. Näherte man den *beiden Kugeln der inneren Belegungen* gleichzeitig die Finger, so sprangen *Fünkchen* auf dieselben und man bekam *Erschütterungsschläge*, einen einzelnen Schlag, wenn ein Fünkchen überschlug, ununterbrochene Erschütterungen, wenn man die beiden Kugeln anhaltend berührte. Berührte man die *äufsere* Belegung und zugleich die *Kugel der inneren Belegung einer und derselben* von beiden Flaschen, so fühlte man gar *keine* elektrische Einwirkung; auch sprang jetzt *kein* Fünkchen auf die Finger.

Aus diesen Versuchen ging, gegen meine anfängliche Erwartung, also hervor, dafs bei jeder Flasche die *Kugel der innern Belegung dieselbe* Elektricität hatte, wie die *äufsere Belegung*. Das Spiralende *a* und die mit ihm verbundene äufsere Belegung der einen Flasche war positiv, und die Kugel dieser Flasche war gleichfalls positiv; das Spiralende *b* und die mit ihm verbundene äufsere Belegung der zweiten Flasche war negativ und die Kugel dieser zweiten Flasche war gleichfalls negativ; denn man bekam einen Schlag, wenn man die beiden Kugeln berührte, weil sich dann entgegengesetzte Elektricitäten abglichen, man fühlte aber gar nichts, wenn man die Kugel und die äufsere Belegung einer und derselben Flasche berührte, weil beide eine und dieselbe Elektricität hatten. Es war sehr leicht, durch ein Goldblattelektroskop ohne Condensator dieses Verhalten zuverlässig nachzuweisen und durch häufig wiederholte Versuche unumstöfslich festzustellen. — Hier war nun, was bei den beiden Stanniolcylindern und den durch Seide, Schellack und Wachstaffet von ihnen

getrennten innersten und äufsersten Windungen der Inductionsrolle vielleicht doch möglich seyn konnte, an eine Elektricitäts-*Mittheilung* von der äufseren Belegung an die innere Belegung der Flasche durch die Glasdicke hindurch *gar nicht* zu denken: durch die Glasdicke hindurch konnte die äufsere Belegung möglicher Weise nur durch *Influenz* auf der inneren Belegung Elektricität erregen, und da auch hier *dennoch die Kugel der innern* Belegung *dieselbe* Elektricität zeigte wie die *äufsere* Belegung, ganz so, wie die Stanniolcylinder der Inductionsrolle auch *dieselben* Elektricitäten hatten, wie die ihnen *zunächst liegenden Windungen* der Spirale, so konnte jetzt darüber kein Zweifel mehr bestehen, dafs zwischen diesen Windungen und den ihnen zunächst liegenden, durch Seide, Wachstaffet und Schellack getrennten Stanniolcylindern, ebenfalls nicht *Elektricitäts-Mittheilung* sondern nur *Influenzwirkung* stattfand. Das Paradoxe dieser Erscheinung, dafs nämlich der influencirende und der influencirte Leiter eine und dieselbe Elektricität zeigt, ist eben nur scheinbar und erklärt sich bei näherer Betrachtung vollkommen. Wenn nämlich das Ende *a* der Inductionsspirale und die mit ihm verbundene äufsere Belegung der Leidener Flasche für einen *Augenblick* stark positiv elektrisch wurde, so veranlafste diese in der gegenüberstehenden innern Belegung der Flasche durch Influenz ein Auseinandergehen ihrer natürlichen Elektricität; die in der äufseren Belegung angehäufte positive Elektricität zog von der natürlichen Elektricität der innern Belegung die negative an sich und *band* sie während der augenblicklichen Dauer ihres eigenen Bestehens; den positiven Theil der natürlichen Elektricität der inneren Belegung stiefs sie ab, nach dem ihr am entferntesten Theil der Leitung, also nach der Kugel hin, und hier war diese positive Elektricität also so lange *frei*, wie die negative in der innern Belegung *gebunden* war; jene mufste also, wenn ein Leiter der Kugel nahe stand, als Fünkchen überspringen.

Nach allen diesen Erörterungen ist nun endlich auch die *Entstehungsursache* der starken Elektricitäten der bei

den Stanniolcylinder, die an der inneren und äufseren Seite der Inductionsrolle isolirt anliegen, einleuchtend. Im Moment des nach augenblicklich vorangegangener Schliefsung stattfindenden Oeffnungsstroms der Magnetisirungsspirale, und während des gleichzeitigen Verschwindens des Magnetismus des Eisencylinders, sammelt sich an dem Ende *a* und an den innersten Drahtwindungen der *offenen* Inductionsspirale *positive* Elektricität; durch Influenzwirkung zieht diese positive Elektricität von der natürlichen Elektricität des ihr anliegenden Stanniolcylinders die *negative* Elektricität an sich, *bindet* sie für die Dauer ihres eigenen momentanen Bestehens, und *stöfst* zugleich den *positiven* Antheil der natürlichen Elektricität dieses Cylinders *ab*, die nun für eben dieselbe Dauer *frei* ist und da abfliefst, wo ihr Gelegenheit dazu geboten wird, also an der Kugel *A*, wenn dieser ein Leiter nahe steht. In derselben Zeit geschieht dieselbe Influenzwirkung zwischen den äufsersten Drahtwindungen des Endes *b* der offenen Inductionsspirale und dem äufseren Stanniolcylinder, nur mit *Umkehrung aller Zeichen*, so dafs also von der Kugel *B* negative freie Elektricität auf einen genäherten Leiter abfliefst. Steht also der Drahtarm der Kugel *B* der Kugel *A* so nahe, dafs die Dichtigkeiten der bei *A* und *B* angesammelten freien entgegengesetzten Elektricitäten diesen Zwischenraum durchbrechen können, so entladen sie sich durch einen überschlagenden Funken. Die Influenzwirkung zwischen den Drahtwindungen und den ihnen nahe stehenden Stanniolcylindern bedarf einer gewissen kleinen Zeit zu ihrer Entwicklung, die ihr durch die Schliefsung und Oeffnung der Magnetisirungsspirale mittelst des *Platinstifts auch zu Theil wird*, nicht aber bei Anwendung des *Silberstifts*. Es sind früher schon ganz ähnliche Zusammenstellungen von Inductionsspiralen und nahe stehenden Metallplatten gemacht worden; namentlich in den Henry'schen und Riefs'schen Untersuchungen über den Nebenstrom (Vergl. Pogg. Ann. Bd. 50, S. 12; — Ergänzungsbd. 1842, S. 283 — Bd. 83, S. 320). Jedenfalls würden diese *Platten*, wenn

sie darauf untersucht worden wären, *Spannungselektricität* gezeigt haben.

Die Erscheinungen, welche Stanniolcylinder, die um die Inductionsrollen eines magneto-elektrischen Rotations-Apparats gelegt sind, zeigen, sind wesentlich von den mitgetheilten nicht verschieden; ich erhielt hier aber erheblich *längere,* frei durch die Luft fahrende Funken. Das Nähere hierüber behalte ich mir für eine spätere Mittheilung vor.

II. *Beobachtungen der Luft-Elektricität an der Münchener Sternwarte von 1ten Mai 1850 bis Ende October 1851; von Dr.* Lamont.

An der Münchener Sternwarte wurde im Frühjahr 1850 eine stündliche Beobachtung der Luft-Elektricität (jedoch bloſs bei Tage) angefangen, die jetzt noch ohne Unterbrechung fortgesetzt wird. Ich halte es für zweckmäſsig eine kurze Notiz über die Resultate dieser Beobachtungen bekannt zu machen, um so mehr als ähnliche Arbeiten selten bisher unternommen worden sind, und von den unternommenen Arbeiten nur wenige mit Instrumenten ausgeführt wurden, die eine eigentliche *Maaſsbestimmung* hätten liefern können.

Das Elektrometer, welches ich anwende, habe ich mir selbst construirt [1]), und bin dabei von den Grundsätzen ausgegangen, die Peltier in Anwendung gebracht hat.

Eine Idee davon giebt der Durchschnitt Fig. 1 Taf. IV. Das Rohr *RR* mit dem viereckigen Bügel *abcd* von dünnem

1) Mein Elektrometer findet man beschrieben in einer kürzlich erschienenen Denkschrift: »*Beschreibung der an der Münchener Sternwarte zu den Beobachtungen verwendeten neuen Instrumente und Apparate.*« (Abhandlungen der math. phys. Classe der k. Baier. Acad d. Wissenschaften Bd. VI. Abth. II.)

Kupferdraht, ist isolirt durch die Gutta-Percha-Masse *MM*. An dem Coconfaden *ef* hängt eine Nadel von Kupferdraht *hk* und ein ganz kleiner Magnet *mm*, beide an demselben Träger *fg* festgemacht.

Das Elektrometer wird so aufgestellt, dafs der Bügel *abcd* in die Ebene des magnetischen Meridians kommt; unter solcher Bedingung wird die Kupfernadel *hk* durch den kleinen Magnet *mm* in der Ebene des Bügels gehalten, so lange keine elektrische Spannung vorhanden ist. Kommt aber Elektricität in das Rohr *RR*, so theilt sie sich dem Bügel und der Nadel mit und es erfolgt zwischen diesen beiden eine Abstofsung. Die Nadel weicht seitwärts aus, und macht einen Winkel mit der Ebene des Bügels, der als Maafs der elektrischen Spannung dient.

Unter dem Bügel befindet sich eine Glas-Tafel *AB*, worauf eine Kreistheilung verzeichnet ist. Das Elektrometer wird behufs der Ablesung auf ein feststehendes Kästchen gestellt, in welchem ein Spiegel *CD* unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont, und seitwärts eine Linse *E* angebracht ist von solcher Focaldistanz, dafs man damit im Spiegel *CD* ein deutliches Bild der Kreistheilung erhält, und auf dieser Kreistheilung den darüber befindlichen Bügeltheil *cd* und die Nadel *hk* projicirt sieht.

Auf solche Weise wird es möglich eine genaue Ablesung zu erhalten, ohne die Uebelstände, die sonst bei der Drehwaage vorkommen.

Wir wollen nun den Winkel, den die Nadel mit dem Bügel macht, mit φ bezeichnen, und daraus die elektrische Spannung abzuleiten suchen. Die Entfernung eines beliebigen Punktes der Nadel von der Mitte g wollen wir x, und die darin enthaltene Elektricitäts-Menge ηdx nennen; für einen Punkt des Bügels müssen wir zwei Coordinaten haben, z in verticaler und y in horizontaler Richtung, wobei wir g wiederum als Anfangspunkt nehmen.

Der mit y, z bezeichnete Punkt des Bügels enthalte die Elektricitäts-Menge ηdm, so werden die beiden Elektricitäts-Mengen ηdx und ηdm ein Drehungsmoment

$$\frac{\eta^2 xy \sin\varphi \, dx \, dm}{\zeta^3}$$

auf die Nadel ausüben, wobei

$$\zeta^2 = x^2 + y^2 + z^2 - 2xy\cos\varphi$$

angenommen ist.

Bezeichnet man das magnetiche Moment der kleinen Nadel mm durch μ und die horizontale Intensität des Erdmagnetismus durch X, so ergiebt sich folgende Gleichung des Elektrometers

$$\mu X = \iint \frac{\eta^2 xy \, dx \, dm}{\zeta^3}.$$

Vor allem wäre nun η und ηdm durch die Coordinaten xyz auszudrücken. Zu diesem Behufe müssen wir wissen, nach welchem Gesetze die Elektricität im Bügel und in der Nadel vertheilt ist. Da die Elektricitätslehre uns hier keinen genügenden Anhaltspunkt gewährt, so bleibt nichts übrig, als einzelne Hypothesen zu versuchen. Ist die Abstofsung des Bügels und der Nadel nach einer bestimmten Hypothese berechnet, so kann man durch gewisse Ablenkungs-Versuche, die ich in der oben erwähnten Denkschrift umständlich erklärt habe, entscheiden, ob das Resultat der Rechnung richtig sey oder nicht.

Die einfachste Hypothese, die man der Rechnung zu Grunde legen kann, besteht darin, dafs man eine *gleichmäfsige Vertheilung* der Elektricität im Bügel und in der Nadel annimmt.

Hiernach wäre η eine constante Gröfse und dm dem Elemente des Bügels proportional. Ich habe die Rechnung nach dieser Hypothese ausgeführt, und die Resultate der oben erwähnten Prüfung unterworfen, woraus dann sich ergeben hat, *dafs man die Elektricität als gleichmäfsig in dem Bügel und in der Nadel vertheilt annehmen dürfe.*

Geht man mit dem Elektrometer auf einen erhöhten Punkt in freier Luft, stellt eine leitende Verbindung mit der Erde einen Augenblick her, und bringt das Instrument dann in einen verschlossenen Raum (d. h. in einen Raum

wo

wo keine elektrische Spannung besteht) zurück, so wird die Nadel vom Bügel abgestofsen und kommt unter einem gewissen Winkel φ zur Ruhe. Berechnet man aus dem Winkel φ nach der oben angedeuteten Weise den Werth von η so wird η der elektrischen Spannung der Atmosphäre proportional seyn, und kann, in sofern es um Verhältnifszahlen zunächst sich handelt, *als Maafs der Luft-Elektricität betrachtet werden.*

Bezeichnet man das Integral $\iint\frac{x\,y\,dx\,dm}{\zeta^3}$ durch P, so ergiebt sich $\eta=\sqrt{\frac{\mu X}{P}}$.

Diese Formel bedarf noch einer kleinen Modification wegen der Torsion des Coconfadens, die ich jedoch nicht anführe, weil es nicht meine Absicht ist hier eine vollständige Entwickelung der Rechnung zu geben (sie ist in der mehrfach erwähnten Denkschrift zu finden) sondern blofs den Gang der Rechnung und die angewendeten Grundsätze zu erläutern, wobei, wie man leicht bemerken wird, einige nicht unwesentliche Abweichungen von dem gewöhnlich befolgten Wege vorkommen.

Als Endresultat ergiebt sich, dafs die elektrische Spannung sehr nahe dem Winkel φ proportional ist, so dafs man annehmen kann $\eta=\varphi+F(\varphi)$ wo $F(\varphi)$ eine kleine vom Winkel φ abhängige Correction bedeutet.

Bei dem Elektrometer der hiesigen Sternwarte, womit die folgenden Beobachtungen gemacht wurden, ist der Kreis, auf welchem die Ablenkung abgelesen wird, in 50 Theile getheilt, wie aus Fig. 2. Taf. IV. zu ersehen; $d\,d'$ ist die Projection des Bügels. Die Numerirung wird vom Bügel aus nach beiden Seiten fortgesetzt bis 10. Die Nadel kann in Folge einer Arretirung, die sich unterhalb f befindet, nicht weit über 10 hinausgehen, und auch gegen diese Gränze hin ist die Beobachtung nicht mehr sicher.

Um die Excentricität zu eliminiren müssen beide Enden der Nadel notirt werden, das Mittel gilt als eigentliche Ablesung des Instruments.

Nennt man die Ablesung des Instruments *n*, so kann *n* zugleich näherungsweise als relatives Maafs der elektrischen Spannung angesehen werden; streng genommen hat man aber noch folgende Correctionen beizufügen.

n.	Correctionen.
0	0,00
1	+ 0,06
2	+ 0,03
3	0,00
4	− 0,08
5	− 0,16
6	− 0,17
7	− 0,10
8	+ 0,17
9	+ 0,73.

Die weiter unten angegebenen Zusammenstellungen sind ohne diese Correctionen berechnet.

Hinsichtlich der Beobachtungsweise habe ich noch Folgendes zu bemerken. Die Nadel kann sich nach beiden Seiten vom Bügel entfernen, und es wird jedesmal auch an *beiden* Seiten die Ablenkung beobachtet, aufserdem wird nach der zweiten Beobachtung die Nadel auf die Seite zurückgebracht, wo sie sich ursprünglich befand, und eine dritte Ablesung notirt. Die drei Ablesungen werden in gleichen Zeitintervallen gemacht und so combinirt, dafs in dem Endresultat die *Abweichung* des Bügels vom magnetichen Meridian, die *Torsion* des Coconfadens und die allmälige *Entweichung* der Elektricität [1]) eliminirt werden. Ich lasse nun die Beobachtungsresultate folgen.

1) Ich gebrauche Gutta-Percha zur Isolirung, und unter allen Substanzen möchte wohl diese die geeignetste seyn. Indessen ist keine Isolirung *vollkommen* und die Vernachlässigung dieses Umstandes würde die Beobachtung oft sehr ungenau machen.

Spannung der Luft-Elektricität, beobachtet an der Münchener Sternwarte.

	Morgens						Abends						
	7^h	8^h	9^h	10^h	11^h	12^h	1^h	2^h	3^h	4^h	5^h	6^h	Monat-Mittel.
1850.													
Mai	4,62	4,27	3,94	3,98	3,34	3,08	2,87	3,31	3,12	3,39	3,35	2,96	3,52
Juni	3,35	3,08	3,08	3,56	2,62	2,80	2,66	2,78	2,71	2,86	2,65	2,53	2,89
Juli	3,71	4,00	3,97	3,56	3,80	3,28	2,58	2,90	2,81	3,27	2,44	2,50	3,23
Aug.	4,08	3,79	4,10	3,75	3,95	3,72	3,48	3,51	3,14	3,09	3,21	3,40	3,60
Sept.	3,96	3,63	3,81	3,49	3,25	3,23	2,97	3,10	2,79	2,89	2,62	2,54	3,19
Oct.	5,07	5,63	5,90	6,26	5,93	4,88	4,80	4,20	5,38	5,06	3,22	—	5,12
Nov.	—	5,88	5,83	5,56	5,66	5,51	4,83	4,94	5,10	5,50	—	—	5,42
Dec.	—	6,87	6,01	6,73	7,54	7,20	6,84	6,98	6,71	6,48	—	—	6,82
1851.													
Januar	—	5,56	6,60	6,29	6,83	6,34	5,50	5,72	5,41	5,51	—	—	5,95
Febr.	—	6,47	6,65	6,26	6,43	5,98	6,10	5,76	5,68	5,24	—	—	6,06
März	5,29	6,90	7,39	5,70	5,30	5,18	5,40	4,96	5,13	4,79	5,04	4,72	5,49
April	3,89	4,71	3,93	3,69	3,24	3,04	3,02	3,11	3,05	3,19	3,37	3,31	3,46
Mai	4,09	3,50	3,53	2,80	2,56	2,56	3,20	2,80	2,86	3,19	2,73	3,06	3,07
Juni	3,48	3,15	3,27	3,04	2,91	3,11	2,66	3,14	2,83	3,20	3,60	2,93	3,11
Juli	3,99	3,58	3,30	3,17	3,50	3,15	3,60	3,09	3,14	3,61	2,72	2,84	3,31
Aug.	5,66	3,90	3,01	2,99	3,14	3,03	2,70	2,96	3,05	2,80	2,74	2,44	3,20
Sept.	3,44	3,41	4,01	4,04	3,19	2,83	3,05	2,87	2,93	3,13	3,55	4,01	3,37
Oct.	3,98	4,76	4,49	3,20	3,54	3,59	3,14	3,07	3,68	3,29	3,39	—	3,65

Ich gebe die obigen Zahlen als Beitrag zur Erforschung der Gesetze, nach welchen sich die täglichen und jährlichen Variationen der Luft-Elektricität richten. Folgerungen daraus abzuleiten unterlasse ich vorläufig, dagegen will ich einige Worte über die Natur der Luft-Elektricität überhaupt beifügen, da in dieser Hinsicht unter den Theoretikern so viele ganz verschiedene, zum Theil schwankende Meinungen herrschen. Meine Ansicht ist das Resultat eigener Anschauung und lange fortgesetzter Erfahrung; eine eigentliche Entscheidung glaube ich aber so wenig erlangt zu haben, dafs ich es für unnöthig halte umständlich darzulegen, in wie weit meine Ansicht mit den bestehenden Theorien übereinstimmt, und in wie wei tsie davon abweicht.

Meine Ansicht über das Bestehen der atmosphärischen Elektricität ist nun folgende. Die Erde besitzt *eine gewisse Menge negativer Elektricität.* Die Elektricitätsmenge bleibt sich immer gleich, die *Vertheilung* kann aber zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden seyn. Diese Elektricität nenne ich die *permanente* Elektricität der Erde, zum Unterschied von der *inducirten* Elektricität, die in jedem isolirten Körper, er mag permanent elektrisch seyn oder nicht, durch einen genäherten elektrischen Körper hervorgerufen wird. *Die Atmosphäre,* d. h. die reine Luft, *hat gar keine Elektricität;* sie ist unfähig die Elektricität zu leiten oder zu behalten.

Wäre die Erde eine Kugel mit vollkommen glatter Oberfläche, so würde jeder Punkt dieser Oberfläche gleich starke elektrische Spannung zeigen. Die Gleichheit der elektrischen Spannung an der Erdoberfläche wird durch zwei Umstände modificirt, durch die *Erhöhungen* und durch die *Dünste, die in der Atmosphäre schweben.*

Es ist eine allgemein bekannte aber theoretisch bisher sehr unvollständig untersuchte Thatsache, dafs das elektrische wie das magnetische Fluidum sich an Spitzen und Kanten ansammelt, und daselbst in gröfserer Menge sich anhäuft als an einer ebenen Fläche. Vorzüglich ist hierbei die Repulsion wirksam, welche ein elektrisches Element auf

das andere ausübt; indessen läfst sich aus dieser Kraft allein die Vertheilung nicht ableiten. Wir wollen übrigens hier von den wirkenden Ursachen gänzlich Umgang nehmen und blofs die Thatsache festhalten, *dafs an jedem über die Ebene erhöhten Punkt eine mit der Erhöhung proportional zunehmende elektrische Spannung vorhanden ist.* An Hausdächern, Kirchthürmen, Bergspitzen findet man stets die Elektricität in gröfserer Menge angehäuft.

Die zweite oben erwähnte Ursache, welche eine ungleiche Vertheilung der Elektricität an der Erdoberfläche zur Folge hat, ist der in der Atmosphäre befindliche *Wasserdunst*, und zwar haben wir hier zweierlei Fälle zu unterscheiden. Entweder ist eine Dunstmasse mit der Erde in *Berührung*, oder sie ist von der Erde *isolirt*. Im ersten Falle tritt dasselbe Verhältnifs ein wie bei einem Berge; denjenigen Theil der Erdoberfläche, der mit der Dunstmasse in Berührung steht, verläfst die Elektricität gänzlich und begiebt sich auf die Oberfläche der Dunstmasse. Im zweiten Falle müssen wir in Betracht ziehen, dafs jeder Körper latente Elektricität in unbestimmten Massen enthält, die bei Annäherung eines anderen elektrischen Körpers nach bekannten Gesetzen frei wird. Eine *positiv elektrische Wolke* inducirt an dem ihr zunächst liegenden Punkt der Erdoberfläche, und bis auf einen bestimmten Umkreis abnehmend mit der Entfernung, negative Elektricität, die sich mit der permanenten Elektricität summirt, so dafs eine *stärkere* Spannung entsteht. Eine *negativ elektrische Wolke* inducirt positive Elektricität, und stöfst die permanente (negative) Elektricität der Erde zurück, so dafs nach Umständen eine *verminderte negative* Elektricität, oder eine *vollständige Aufhebung* der Elektricität, oder eine *positive* Elektricität das Resultat seyn kann. Analoge Aenderungen kommen auch in der Wolke zu Stande.

Betrachten wir nun welche Anzeigen das Elektrometer unter den verschiedenen hier erwähnten Umständen gewähren wird.

Wenn man mit dem Elektrometer eine Beobachtung anstellen will, so geht man damit auf ein Hausdach oder sonst erhöhten und freien Punkt hinaus, stellt das Instrument auf ein hohes Gestell, berührt das Rohr bei *F* mit dem Finger, und bringt es dann in einen verschlossenen Raum — etwa in ein Zimmer, — wo die Ablesung geschieht.

Durch die eben erwähnte Berührung mit dem Finger wird eine leitende Verbindung mit der Erde hergestellt, und es mufs unter der Voraussetzung, dafs die Atmosphäre rein ist, die Elektricität, welche immer die höchsten Punkte zu gewinnen sucht, in dem Elektrometer sich ansammeln, und zwar wird die Menge der Höhe proportional seyn. Kommt dann das Instrument in einen verschlossenen Raum, wo keine elektrische Spannung stattfinden kann, so äufsert die in dem isolirten Theile des Elektrometers befindliche Elektricität sich dadurch, dafs der Bügel und die Nadel sich abstofsen.

Die im Elektrometer enthaltene Elektricität wird *negativ* seyn, was man daran erkennt, dafs die Ablenkung gröfser wird, sobald man eine geriebene Siegellackstange der Kugel *K* nähert.

Wird durch die Nähe einer Wolke in der oben erklärten Weise die Elektricität eines Punktes der Erdoberfläche positiv, so gelangt, wenn eine Beobachtung nach der angegebenen Methode angestellt wird, *positive* Elektricität in das Elektrometer und es erfolgt eine Abstofsung des Bügels und der Nadel, gerade so, als wenn negative Elektricität im Instrument wäre; die Natur der Elektricität offenbart sich aber sobald man eine geriebene Siegellackstange in die Nähe der Kugel bringt, dadurch dafs die Ablenkung *kleiner wird.*

Nimmt man die Beobachtung vor bei bedecktem Himmel und nach länger anhaltendem Regen, wo die Luft mit Dünsten gesättigt ist, mithin die Dunstmassen mit der Erde in leitender Verbindung stehen, so zeigt das Elektrometer *gar keine* elektrische Spannung an. In diesem Falle hat

sich die Elektricität an der äufseren Oberfläche der Wolken hinaufgezogen, und der Beobachter befindet sich im Innern des elektrisirten Körpers, wo natürlich ebenso wenig wie in einem Zimmer eine elektrische Spannung vorhanden seyn kann.

Die bei uns bisher angestellten Beobachtungen schliefsen sich der obigen Vorstellung vollkommen an. Bei heiterem Himmel ist die Eelektricität der Erde ohne Ausnahme negativ und ziemlich gleicher Intensität. Wolken enthalten in der Regel eine mäfsige Menge *negativer* Elektricität und *vermindern* die permanente Elektricität der Erdoberfläche. In Gewitterwolken ist meistens so viel negative Elektricität enthalten, dafs sie, wenn sie in die Nähe kommen die permanente Elektricität ganz verdrängen, und eine mehr oder minder beträchtliche positive Elektricität hervorrufen. Wolken mit positiver Elektricität (die also die permanente Elektricität vermehren) sind sehr selten.

Der bisher entwickelten Ansicht zu Folge hängen die Variationen der elektrischen Spannung an der Erdoberfläche ausschliefslich von den vorhandenen Dunstmassen ab.

Da die Elektricität eines jeden Punktes der Erdoberfläche von der Elektricität aller übrigen Punkte bedingt ist, so wird jede Aenderung, die an einem Punkte vorgeht, eine Aenderung an der ganzen Erdoberfläche zur Folge haben, und zwar müssen vermöge der ungeheuren Schnelligkeit des elektrischen Fluidums die Aenderungen fast gleichzeitig an den entferntesten Punkten der Erdoberfläche eintreten.

Aus diesem Grunde würde es von grofsem Interesse seyn, wenn correspondirende Beobachtungen, den frühern magnetischen Termin-Beobachtungen ähnlich, aber in anderer Weise eingerichtet, in verschiedenen Orten angestellt würden.

Erhebliche Resultate wären dabei nur dann zu erwarten, wenn die Aenderungen in der Vertheilung der Elektricität auf *grofse* Landstriche sich erstrecken würden; was diejenigen Aenderungen betrifft, welche etwa in Folge

eines Gewitters in einer Gegend vor sich gehen, so sind sie als local zu betrachten, und können, so intensiv sie auch seyn mögen, gegenüber der ganzen Masse elektrischen Fluidums, welche die Erdoberfläche bedeckt, keine wahrnehmbare Aenderung erzeugen.

Ich möchte zum Schlusse hier noch darauf aufmerksam machen, dafs es von besonderem Interesse seyn würde, während der Dauer eines Nordlichtes, wenn es im Zenit eines Ortes sich zeigt, elektrische Beobachtungen vorzunehmen. Wird das Nordlicht durch elektrische Entladungen erzeugt, so müfste wohl eine Einwirkung auf die Elektricität der Erdoberfläche sich zeigen.

III. *Ueber das goldhaltige Glas; von D. C. Splitgerber.*

Nach der Meinung des Hrn. H. Rose, welche derselbe im 72. Bande dieser Annalen ausgesprochen hat, ist in dem farbenlosen Glase das Gold als ein Silicat des Oxyduls enthalten: werde ein solches neutrales oder vielleicht auch saures farbenloses Silicat von Neuem erwärmt und zwar bei einer Temperatur, die weit niedriger ist als die, bei welcher es erzeugt worden ist, so scheide sich ein Theil des Goldoxyduls aus; dieses ausgeschiedene Goldoxydul sey es, welches in kleiner Menge Krystallglas schön dunkel rubinroth zu färben im Stande ist.

Ich bin nun zwar auch der Meinung, dafs die färbende Oxydationsstufe des Goldes aus der Verbindung mit der Kieselerde sich ausgeschieden hat (aber erst nach Abgabe von Sauerstoff), welches, wie ich im Bd. 61 angeführt, bei der längeren Erhitzung durch die fortschreitende Reduction des Goldes immer augenscheinlicher wird, und kann mich nicht von meiner dort geäufserten Ansicht trennen, welche

im Wesentlichen darauf hinausgeht, daſs das Gold im farbenlosen Glase sich in einem höher oxydirten Zustand befindet als im gefärbten, und zwar aus dem Grunde, weil das gefärbte Glas beim Schmelzen im Sauerstoffgebläse, und nach meinen Versuchen *nur* im Sauerstoffgase und wenn Blasen davon hineingebracht werden, und auch dann nur in geringer Quantität und schwierig wieder farbenlos wird [1]), welches doch wohl nur durch eine Aufnahme von Sauerstoff zu erklären ist. Bei wiederholten Versuchen habe ich immer bestätigt gefunden, daſs das farbenlos geblasene Glas beim Wiederwärmen wiederum roth anläuft, woraus hervorgeht, daſs das Gold sich nicht etwa gänzlich regulinisch ausgeschieden hat, wie vielleicht vermuthet werden könnte, und muſs es hier erlaubt seyn den synthetischen Weg zur Aufklärung der Frage zu wählen, da der analytische nicht zugänglich ist.

Auch die Anwendung des Mikroskops giebt in diesem Fall keinen weiteren Aufschluſs, da selbst bei den bedeutendsten Vergröſserungen das Färbende nicht in einzelne Theile aufgelöst wird, und dieſs erst geschieht, wenn das reducirte Gold zu gröſseren Partikeln sich zusammengezogen hat, das Glas dann aber entfärbt ist.

Auf jeden Fall bleibt es bemerkenswerth, daſs nachdem das Goldglas gebildet ist, die Färbung nicht sowohl von einem bestimmten Temperaturgrad abhängig ist, als vielmehr davon, daſs derselbe von einem niedrigeren aus, also durch Erwärmung erreicht wird, wodurch erst der zur Zersetzung und Ausscheidung nothwendige Impuls gegeben wird, wogegen diese Erscheinung nicht beim Erkalten bei demselben Wärmegrad eintritt, indem sonst die Darstellung des farbenlosen Goldglases unmöglich seyn würde.

Ich erlaube mir hier noch einige im Sefström'schen Ofen unternommene Schmelzversuche von Goldglas und die dabei gemachten Bemerkungen mitzutheilen.

1) Dasselbe fand ich beim Kupferoxydulglase.

I.

100 Theile Sand
66 » Soda
10 » Kreide
1,5 » Goldpurpur

wurden in einer Stunde zu einem guten weifsen Glase, welches nur den gewöhnlichen grünlichen Stich des Sodaglases hatte, geschmolzen, und es befand sich nun in demselben, aufser dem Golde, nur das Zinn des Purpur. Als ich eine Probe davon an einem Eisen ins Feuer hielt und sie abschmolz, war es dunkelgelb und trübe bei reflectirtem, und schön lilla bei durchfallendem Licht geworden, verursacht vom darin reducirten Golde. Vor dem Löthrohr lief es sogleich röthlich an, doch nicht intensiv; es schied sich aber selbst nach längerem Blasen kein Gold aus. Im Platintiegel geglüht, wurde das farbenlose Glas zuerst röthlich, die Farbe ging dann aber schell ins Orange über. Für mich war das Glas dadurch interessant, weil es das erste Goldglas mit Natron war, während ich es früher immer nur mit Kali dargestellt habe; doch giebt es kein schönes Rubinglas. Das specifische Gewicht desselben war 2,462 bei 12° R., und es änderte sich dieses eben so wenig wie das absolute auch nicht im geringsten beim Anlaufen im Platintiegel.

II.

100 Theile Sand
50 » Soda
12,5 » Kreide
4 » Goldpurpur

schmolzen schnell zu einem Glase, welches aber nicht recht klar geworden war; beim Ausgiefsen aus dem Tiegel lief es etwas an, wogegen dünne Glasfäden farbenlos blieben, welches wohl daher kommt, dafs dickere Massen, nachdem sie äufserlich erkaltet sind, von innen aus momentan wieder auf eine höhere Temperatur gebracht werden. Vor dem Löthrohr wurde das Glas aber intensiver als das vorige gefärbt, mit dem es sich übrigens gleich verhielt, doch

fanden sich im Schmelztiegel viele reducirte Goldkörner ausgeschieden.

Um nun das Verhalten des Goldes allein im Glase zu beobachten, löste ich davon in Königswasser auf und mischte es mit dem Sande, liefs ihn trocknen und mengte ihn innig mit den übrigen Bestandtheilen.

III.

100	Theile	Sand
62,5	»	Soda
12,5	»	Kreide
0,75	»	Gold.

Da ich diese Schmelze übereilt hatte, so bekam ich ein schlechtes Glas, welches viele unaufgelöste Theile enthielt. Das ausgegossene Glas hatte einen schwachen röthlichen Schein; das im Tiegel gebliebene, wieder erwärmt, war rosa angelaufen und hatte Goldkörner am Boden. Das zuerst ausgegossene Glas färbte sich nur schwer etwas rosa vor dem Löthrohr, welches wohl an dem geringen Gehalt an Gold lag. Im Platintiegel zehn Minuten über der Spiritusflamme erhitzt, wurden die Glasstückchen rosenroth. Da diese Schmelze kein gutes Glas gegeben hatte, so wiederholte ich dieselbe mit einem Zusatz von etwas mehr Gold.

IV.

100	Theile	Sand
62,5	»	Soda
12,5	»	Kreide
1,3	»	Gold.

Nach einer Schmelze von einer Stunde erhielt ich das Glas ganz gut und farbenlos, doch hatte sich viel Gold regulinisch im Tiegel ausgeschieden. Es lief erst an, nachdem es längere Zeit vor dem Löthrohr geschmolzen worden, und dann leberfarben und trübe beim reflectirten, und rosa und bläulich beim durchfallenden Licht erscheinend, offenbar veranlafst durch die Neigung des Goldes sich hier regulinisch auszuscheiden, welches mit dem Glase, zu welchem Purpur gesetzt worden, nicht in diesem Grade

der Fall war. Im Platintiegel erhitzt lief es schön carminroth an. Bei 12° R. war das spec. Gewicht dieses Glases 2,444, welches sich eben so wenig wie das absolute nicht im mindesten beim Anlaufen veränderte.

Die beiden folgenden Schmelzversuche sind mit Pottasche ausgeführt, zur Vergleichung mit den vorigen, bei welchen Soda angewendet worden ist.

V.

100	Theile	Sand
62,5	»	Potasche
25	»	Kreide
2,5	»	Goldpurpur.

Nach einer Schmelzung von einer Stunde wurde ein leidliches, aber etwas blasiges Glas erhalten. Da es sehr strengflüssig war, so wollte es nicht aus dem Tiegel fliefsen und wurde theilweise mit einer Zange herausgezogen; dieses war ganz farblos, dagegen das im Tiegel gebliebene und mit demselben erkaltete Glas topasgelb angelaufen war, und einige Goldkörner hatten sich am Boden ausgeschieden. Bei der Schmelze hatte die Masse einen auffallenden Dampf ausgestofsen und fand sich beim Ausgiefsen, dafs er von Glasgalle, d. i. von den die Potasche verunreinigenden Salzen herrührte, so dafs also von der angewandten Potasche ein bedeutender Abgang abzuziehen ist, welches die Strengflüssigkeit erklärt. Das farbenlose Glas lief vor dem Löthrohr ziemlich schön rubinroth an, im Platintiegel erwärmt zuerst topasfarben, dann rubinroth. Das spec. Gewicht war 2,466 bei 13° R.

VI.

100	Theile	Sand
62,5	»	Potasche
25	»	Kreide
1,3	»	Gold, in Königswasser aufgelöst.

Es hatte sich bei dieser Schmelze so viel Gold regulinisch ausgeschieden, dafs wohl kaum 20 Proc. des angewandten im Glase geblieben waren, welches daher auch

nur schwierig sehr schwach violett beim Erhitzen anlief und reducirtes Gold zeigte. Das spec. Gewicht war 2,460.

In Hinsicht auf eine schöne Rubinfarbe giebt die im 61. Bande dieser Ann. mitgetheilte Zusammensetzung das beste Resultat; dann folgt das von der fünften Schmelze mit Goldpurpur und Potasche, ein weniger gutes die Mischung von der ersten Schmelze mit Goldpurpur und Soda, welches vielmehr ein dunkles Orange, das ins Braune übergeht, beim Wiederaufwärmen erzeugt. Das Gold allein ohne ein anderes Metalloxyd zum Glasfärben anzuwenden, ist also nicht zweckmäfsig, da es dann zu leicht sich regulinisch wieder ausscheidet, und wird daher in den Fabriken nur bleihaltiges Glas dazu genommen.

Ferner habe ich noch zwei Schmelzen gemacht, um das Verhalten des Platins im Glasflufs kennen zu lernen.

100	Theile	Sand
50	»	Soda
10	»	Kreide
1,01	»	Platin, in Königswasser aufgelöst.

Diese Mischung schmolz zu einem guten Glase, welches aber ganz gleichmäfsig mausegrau durch das reducirte Platin gefärbt war, in der Art, dafs man bei einer Dicke von einem Achtel-Zoll noch die Fenstersprossen durch dasselbe erkennen konnte.

Um nun das Platin wo möglich im oxydirten Zustand zu erhalten, versuchte ich noch die folgende Zusammensetzung;

100	Theile	Sand
100	»	Mennige
20	»	Salpeter
20	»	Potasche
0,4	»	Platin,

aber auch diese gab nur ein grauliches trübes Glas, welches den Schmelztiegel stark angegriffen hatte.

IV. *Ueber eine neue Verbindung des höchsten Schwefelchlorids mit der Schwefelsäure;*
von Heinr. Rose.

Die flüchtigen Verbindungen mehrerer Sauerstoffsäuren, wie namentlich der Chromsäure, der Molybdänsäure, der Wolframsäure und der Schwefelsäure mit den ihnen entsprechend zusammengesetzten Chloriden sind hinsichtlich der Art ihrer Zusammensetzung immer noch ein Gegenstand des Streites, indem vielleicht die meisten Chemiker, namentlich in Frankreich nach Dumas Vorgange, diese Verbindungen als Sauerstoffsäuren ansehen, in denen ein Theil des Sauerstoffs, gewöhnlich ein Drittel, durch eine aequivalente Menge von Chlor ersezt ist.

Diese Verbindungen sind alle flüchtig, während mehrere der Sauerstoffsäuren, die in ihnen angenommen werden können, in ihrem reinen Zustand oft gar nicht und bisweilen sehr schwer flüchtig sind, einige sich auch durch erhöhte Temperatur zersetzen. In Berührung mit Wasser zerlegen sie sich alle in Chlorwasserstoffsäure, und in die Sauerstoffsäuren des Radicals, welche letztere sich entweder auch im Wasser auflösen, oder wenn sie darin unlöslich oder schwerlöslich sind, sich daraus abscheiden.

Diese Zersetzung ist also eine ganz ähnliche wie die, welche erfolgen würde, wenn die flüchtigen Chloride allein, die in diesen Verbindungen angenommen werden können, der Behandlung mit Wasser unterworfen werden, weshalb sie auch früher für diese Chloride selbst angesehen wurden, und erst durch eine quantitative Untersuchung konnte ihre richtige Zusammensetzung bewiesen werden. Diese Chloride indessen sind im isolirten Zustande, und ohne ihre Verbindungen mit Sauerstoffsäuren noch nicht dargestellt.

In den Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit Chloriden zeigt also das Chlor nicht das nämliche Verhalten wie Sauerstoff, sondern bei der Behandlung mit Wasser ver-

bindet es sich mit dem Wasserstoff desselben. Das Chlor kann daher in diesen Verbindungen den Sauerstoff nicht vertreten. Uebrigens können dieselben Sauerstoffsäuren, welche in jenen Verbindungen mit den flüchtigen Chloriden ihres eigenen Radicals vereinigt sind, sich auch mit basischen Chlormetallen verbinden. So hat Péligot schon vor langer Zeit eine krystallisirte Verbindung von 2 Atomen Chromsäure mit einem Atom Chlorkalium dargestellt, und ich habe gezeigt, daſs die wasserfreie Schwefelsäure von Chlorkalium, von Chlornatrium und von Chlorammonium in groſser Menge absorbirt werde [1]). Auch verbinbindet sich das schwefelsaure Schwefelchlorid, welches 5 Atome Schwefelsäure enthält (Schwefel-Quinquacichlorid nach Berzelius) mit Phosphor-Aci-Chlorid in mannigfaltigen Verhältnissen, so wie mit dem Selen-Aci-Chlorid und dem Zinn-Aci-Chlorid, und die Zusammensetzung dieser Verbindungen ist von der Art, daſs wir in denselben nothwendig Schwefelsäure als solche, und nicht eine in der ein Theil des Sauerstoffs durch Chlor ersetzt worden ist, annehmen müssen. Ferner stimmt auch das specifische Gewicht des Dampfes vom schwefelsauren Schwefelchlorid, welches 5 Atome Schwefelsäure enthält, nur mit der Voraussetzung überein, daſs die Zusammensetzung desselben $S€l^3 + 5\dddot{S}$ sey. Denn wenn man dieselbe für $S + 2\frac{1}{2}O + \frac{1}{2}€l$ annimmt, so erhält man kein wahrscheinliches Verdichtungsverhältniſs aus den Zahlen, welche die Versuche ergeben haben [2]). Endlich ist auch die Zusammensetzung der Verbindungen der Aci-Chloride mit Ammoniak, besonders aber die des schwefelsauren Schwefelchlorids mit 5 Atomen Schwefelsäure mit Ammoniak, von der Art, daſs man in ihnen wasserfreie Sauerstoffsäure annehmen muſs [3]).

Diese Gründe waren es, welche mich bestimmten, der sehr verbreiteten Annahme von der Zusammensetzung jener

1) Pogg. Ann. Bd. 38, S. 117.
2) Pogg. Ann. Bd. 46, S. 173.
3) Pogg. Ann. Bd. 52, S. 65.

flüchtigen Verbindungen, nach welchen sie für Sauerstoffsäuren gehalten werden, in denen ein Theil des Sauerstoffs durch Chlor ersetzt worden, nicht beizustimmen, sondern sie noch ferner für Verbindungen von Sauerstoffsäuren mit Chloriden zu halten, die für sich bis jetzt noch nicht rein dargestellt worden sind, und die auch wohl von solcher leichten Zersetztbarkeit seyn mögen, dafs sie nur in Verbindung mit Sauerstoffsäuren bestehen können. Ich hatte diese Ansicht von der Zusammensetzung jener flüchtigen Verbindungen schon bei der Untersuchung des chromsauren Chromchlorids aufgestellt [1]), der ersten dieser Verbindungen, in denen ein Sauerstoffgehalt dargethan worden war. Auch Berzelius hat bei allen Gelegenheiten dieselbe Ansicht geltend gemacht, und sich bestimmt gegen die allgemein verbreitete erklärt.

In neueren Zeiten hat sich die Zahl der Verbindungen flüchtiger Chloride mit Sauerstoffsäuren ansehnlich vermehrt. Wurtz und Cahours [2]) entdeckten das phosphorsaure Phosphorchlorid $3PCl^5 + 2\overset{.....}{P}$, welches sie freilich beide für die Verbindung PCl^3O^2 halten — Persoz [3]) stellte das phosphorsaure Phosphorchlorid $PCl^3 + \overset{.....}{P}$, dar, sowie auch die Verbindungen des Phosphorchlorids mit einem und zwei Atomen Schwefelsäure, $PCl^5 + \dddot{S}$ und $PCl^5 + 2\dddot{S}$, ferner das wolframsaure Phosphorchlorid $PCl^5 + \dddot{W}$, und das schweflichtsaure Phosphorchlorid $PCl^5 + 2\ddot{S}$, dessen Darstellung auch Kremers [4]) zu gleicher Zeit glückte. Millon [5]) endlich fand eine Verbindung der Schwefelsäure mit dem Schwefelchlorid SCl^2, welches der schweflichten Säure entspricht, und dessen Verbindungen mit Zinnchlorid und Titanchlorid schon vor längerer Zeit

1) Pogg. Ann. Bd. 27, S. 570.

2) *Annales de Chimie et de Physiques* 3. Reihe Bd. 20 S. 477 und Bd. 23 S. 327.

3) *Comptes rendus* Bd. 28 S. 86.

4) Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 70 S. 297.

5) *Annales de Chimie et de Physiques* 3. Reihe Bd. 29 S. 237.

Zeit dargestellt worden waren. Die Verbindung kann durch die Formel $S\,Cl^2 + \dddot{S}$ ausgedrückt werden, wird aber von Millon für $S^2\,Cl^2\,O^3$ angesehen.

Wie diese flüchtigen Verbindungen aus Chloriden und Oxyden, welche starke saure Eigenschaften haben, und starke Säuren bilden, zusammengesetzt, sind ganz ähnliche nur nicht flüchtige aus Chloriden und Oxyden, welche stark-basische Eigenschaften zeigen, bestehend, schon seit lange bekannt, und in früherer Zeit für basisch-salzsaure Salze angesehen worden. Mehrere derselben finden sich in der Natur, und einige, namentlich die Verbindung von Chlorblei mit Bleioxyd, werden für technische Zwecke in grofsen Mengen dargestellt. Auch diese Verbindungen könnte man mit gleichem Rechte, wie jene flüchtigen, für Oxyde ansehen, in welchen ein Theil des Sauerstoffs durch Chlor ersetzt worden. Es ist diefs aber nicht geschehen, oder nur sehr ausnahmsweise, offenbar aus keinem andern Grunde, als weil in diesen nicht flüchtigen Verbindungen die basischen Oxyde mit den Chloriden in sehr vielen Verhältnissen vereinigt sind. So können wir namentlich Bleioxyd und Chlorblei in den mannigfaltigsten Verhältnissen verbinden. In der Natur kommen krystallisirte Verbindungen von Bleioxyd mit Chlorblei als Mendipit und Matlokit [1]) vor. Beide Verbindungen haben verschiedene Krystallformen, welche beide von denen wesentlich verschieden sind, welche dem reinem Chlorblei und dem reinen Bleioxyd eigenthümlich sind. Aber auch die Formen dieser letzteren stimmen mit einander nicht überein, so dafs also alle vier Substanzen, welche, wenn Chlor und Sauerstoff sich in ihnen vertreten, isomorph seyn könnten, in ihren Krystallformen wesentlich verschieden sind. Zahlreiche Verbindungen von Bleioxyd und Chlorblei können ferner auf nassem Wege erzeugt werden, und durch Zusammensetzen von Bleioxyd mit Chlorblei oder mit Salmiak erhält man sie in allen möglichen Verhältnissen.

1) Rammelsberg in Pogg. Ann. Bd. 85, S. 144.

Wenn aber diese grofse Mannigfaltigkeit der Verbindungen zwischen den basischen Oxyden und den Chloriden die alleinige Ursach seyn sollte, dafs man in ihnen nicht das Chlor als den Sauerstoff vertretend ansehen kann, so kann derselbe Grund auch für die flüchtigen Verbindungen der Säuren mit Chloriden mafsgebend seyn, denn wenigstens, eins dieser Chloride, und gerade eins der ausgezeichnetsten, kann sich in vielen Verhältnissen mit der Sauerstoffsäure desselben Radicals verbinden. Es ist diefs das der Schwefelsäure entsprechende Schwefelchlorid $S\mathrm{Cl}^3$, welches mehr als eine Verbindung mit der Schwefelsäure bilden kann.

Die erste Verbindung wurde von mir durch Einwirkung von wasserfreier Schwefelsäure auf Chlorschwefel dargestellt [1]). Sie entspricht der Zusammensetzung $S\mathrm{Cl}^3 + 5\dddot{S}$. Schon in dieser Verbindung ist das Verhältnifs vom Schwefel, Chlor und Sauerstoff von der Art, dafs eine Vertretung von Chlor und Sauerstoff nicht einmal nach ganzen Atomen stattfinden kann, denn man mufs sie dann als eine Verbindung von $S + 2\frac{1}{2}O + \frac{1}{2}\mathrm{Cl}$ ansehen, welche man freilich auch als eine Verbindung von $(S + 2O + \mathrm{Cl}) + \dddot{S}$ betrachten kann, in welchem Falle man aber zugeben mufs, dafs schon Schwefelsäure in derselben enthalten sey.

Bald darauf gelang es Regnault nach vielen Schwierigkeiten die Verbindung $S\mathrm{Cl}^3 + 2\dddot{S}$ darzustellen [2]) deren Erzeugung ich oft vergebens versucht hatte. Fast allgemein wurde diese Verbindung, welche in ihrer Zusammensetzung den Verbindungen der Chromsäure, der Molybdänsäure und der Wolframsäure mit den ihnen entsprechend zusammengesetzten Chloriden, ganz ähnlich ist, für eine Schwefelsäure, in welcher Sauerstoff durch Chlor ersetzt ist, angesehen.

1) Pogg. Ann. Bd. 44, S. 291.

2) *Annales de Chimie et de Physiques* Bd. 60, S. 170 und Bd. 71, S. 445.

Aber schon früher hatte ich darauf aufmerksam gemacht, dafs es eine oder noch mehrere Verbindungen des höchsten Schwefelchlorids $S Cl^3$ mit mehr als mit 2 oder 5 Atomen Schwefelsäure geben müfste, welche in den krystallisirten Producten enthalten sind, welche bei der Destillation der Auflösung von Chlorschwefel in einem Uebermaafs von wasserfreier Schwefelsäure erhalten werden [1]). Ich bemerkte dabei, dafs es schwer oder unmöglich sey, sie, da sie einen niedrigen Kochpunkt zu haben scheinen, von der überschüssigen Schwefelsäure zu trennen. Andererseits löst das flüssige schwefelsaure Schwefelchlorid $S Cl^3 + 5\dddot{S}$ viel von dem festen auf, und erhält dadurch einen niedrigeren Kochpunkt. Durch wiederholte vorsichtige Destillationen kann aus der Auflösung viel von dem festen Product erhalten werden. Aber wenn diefs auf diese Weise frei von beigemengter überschüssiger Schwefelsäure erhalten werden kann, so enthält es doch noch von der flüssigen Verbindung, so dafs man es nicht von einem bestimmten Kochpunkt, wie diese, erhalten kann.

Diese wiederholten Destillationen eines Products, welches viel wasserfreie Schwefelsäure enthält, sind wegen der so grofsen Flüchtigkeit, und wegen des starken Dampfes, den es ausstöfst, so wie wegen der so grofsen Verwandtschaft zum Wasserdampf mit den allergröfsten Unannehmlichkeiten verknüpft, und lassen sich nur in den trockensten Wintertagen ausführen.

Ich übersättigte einst Chlorschwefel mit Chlorgas, und liefs die braune Auflösung einen grofsen Ueberschufs von Dämpfen der wasserfreien Schwefelsäure absorbiren, so dafs endlich aus der Auflösung ein Theil der Säure krystallinisch sich abschied. Die Flasche wurde darauf sogleich luftdicht verschlossen. Nach einiger Zeit hatte sich auch der flüssige Theil vollständig in seidenglänzende Krystalle von weifser Farbe verwandelt, welche sich selbst während der heifsen Sommermonate mehrere Jahre hindurch unverändert erhielten.

1) Pogg. Ann. Bd. 44, S. 299.

Die Flasche war 17 Jahre hindurch aufbewahrt worden. Durch die Länge der Zeit hatte sich am Boden derselben eine geringe Menge von einer flüssigen Mutterlauge gebildet, aber von dem gläsernen Stöpsel, durch den die Flasche verschlossen war, bis fast auf den Boden derselben, war dieselbe mit strahlförmigen Krystallen angefüllt, welche im äufseren Ansehen Aehnlichkeit mit den Krystallisationen einiger Arten von Zeolith, namentlich mit der des Mesotyps hatten.

Dafs diese Krystalle eine eigenthümliche Verbindung seyn mufsten, und nicht aus reiner wasserfreier Schwefelsäure bestehen konnten, ergab sich aus dieser eigenthümlichen Krystallisation, so wie auch durch den Umstand, dafs sie während einer so langen Zeit sich unverändert in Temperaturen eines geheitzten Zimmers und während heifser Sommer erhalten hatten.

Wenn auch die Untersuchung dieser Substanz mit Schwierigkeiten nicht verknüpft war, so war es doch die Abwägung. Beim Oeffnen der Flasche stiefs die Substanz einen so dichten Rauch aus, wie wasserfreie Schwefelsäure allein. Vermittelst einer Zange mit Platinschuhen wurden mit gröfster Eile Quantitäten herausgenommen und in kleinen Platintiegeln, welche durch den Deckel möglichst gut verschlossen werden konnten, schnell abgewogen.

Beim Herausziehen waren die Krystalle weich und asbestartig, wie wasserfreie Schwefelsäure allein. Auf Wasser geworfen veranlafste die Verbindung, wenn die Quantität derselben nur einigermafsen bedeutend war, eine starke Explosion, und sie wurde zum Theil von der Oberfläche des Wassers weggeschleudert, wie diefs auch bei der wasserfreien Schwefelsäure der Fall ist. Um die gewogenen Quantitäten ohne Verlust in Wasser aufzulösen, wurden die gewogenen Platintiegel, ohne sie zu öffnen, in grofse Flaschen mit breiter Mündung gebracht, welche mit gläsernen Stöpseln luftdicht verschlossen werden konnten. So wie das Wasser durch die Fugen zwischen Deckel und Tiegel drang, entstand eine so heftige Einwirkung, dafs

der Glasstöpsel, obgleich ich ihn festdrückte, gehoben und abgeschleudert wurde, wodurch natürlich etwas vom Dampfe verloren gehen mufste. Beim zweiten Versuche mit einer etwas kleinern Menge der Verbindung drückte ich aber den Glasstöpsel mit beiden Händen mit solcher Kraft fest, dafs es mir gelang, das Lüften des Stöpsels ganz zu vermeiden, obgleich in der That einige Anstrengung dazu nöthig war.

Die Auflösung der Verbindung in Wasser roch ein wenig, aber nicht bedeutend, nach schweflichter Säure, sonst enthielt sie nur wie die des schwefelsauren Schwefelchlorids $S\text{Cl}^3 + 5\ddot{\text{S}}$ Schwefelsäure und Chlorwasserstoffsäure. Hr. Weber erhielt bei einem Versuch aus 5,935 Grm. der Verbindung 1,727 Grm. Chlorsilber und 15,625 Grm. schwefelsaure Baryterde; bei einem zweiten Versuche aus 4,108 Grm. der Verbindung 1,320 Grm. Chlorsilber und 10,846 Grm. schwefelsaure Baryterde. Die Resultate beider Versuche sind hiernach folgende:

	I.	II.
Schwefel	36,09	36,37
Chlor	7,20	7,93
Sauerstoff (als Verlust)	56,71	55,70
	100,00.	100,00.

Die Resultate beider Versuche sind nicht vollkommen übereinstimmend, aber bei dem Versuche I. wurde bei der Auflösung der Verbindung in Wasser der Stöpsel der Flasche, wie ich schon erwähnt habe, abgeschleudert, wodurch nothwendig etwas Chlorwasserstoffgas, so wie etwas Schwefelsäure verloren gehen mufste. Der Versuch II. bei welchem diefs nicht stattfand, mufste daher ein befriedigenderes Resultat geben. Wenn man ferner bedenkt, dafs nothwendig beim Abwägen von der wasserfreien Schwefelsäure etwas Wasser angezogen werden mufste, obgleich die Versuche an einem trocknen Wintertage angestellt wurden, so ist wohl folgende berechnete Zusammensetzung die wahrscheinlichste:

31 At. Schwefel	37,60
3 At. Chlor (Cl)	8,03
90 At. Sauerstoff	54,37
	100,00.

Die Verbindung besteht dann also aus 1 Atom des höchsten Schwefelchlorids, und 30 Atomen wasserfreier Schwefelsäure und ist $\mathrm{SCl^3} + 30\dddot{\mathrm{S}}$. Im Hundert besteht sie aus:

Schwefelchlorid, $\mathrm{SCl^3}$	9,25
Wasserfreie Schwefelsäure	90,75
	100,00.

Die Verbindung ist in der Kälte erzeugt worden. Ich habe schon oben erwähnt, dafs sich krystallisirte Verbindungen von anderem Ansehen in den Destillationsproducten einer Auflösung von Chlorschwefel in einem Uebermaafs von wasserfreier Schwefelsäure finden, die aber nicht, oder wohl nur sehr schwer von der wasserfreien Schwefelsäure zu trennen sind. Bei der Entstehung der Verbindung in der Kälte ist nur sehr wenig schweflichte Säure erzeugt worden, da der angewandte Chlorschwefel möglichst mit Chlor übersättigt worden, wodurch auch vielleicht die Darstellung derselben möglich war.

Interessant ist aber die Zusammensetzung der Verbindung, da sie zeigt, dafs das höchste Schwefelchlorid $\mathrm{SCl^3}$ sich in sehr vielen Verhältnissen mit Schwefelsäure verbinden kann. Wollte man sie nach der ziemlich allgemein verbreiteten Ansicht für eine Schwefelsäure halten, in welcher ein Theil der Schwefelsäure durch Chlor vertreten ist, mit welcher Vertretung man ziemlich unklare Begriffe zu verbinden pflegt, so müfste die Zusammensetzung derselben durch $\mathrm{S} + 2\frac{28}{31}\mathrm{O} + \frac{3}{31}\mathrm{Cl}$ ausgedrückt werden, oder man müfste eine Vertretung des Sauerstoffs durch Chlor in allen möglichen Verhältnissen annehmen, welche nur bei Verbindungen, die in ihren Eigenschaften sehr ähnlich sind, und die isomorph seyn können, möglich zu seyn scheint. Aber eine Isomorphie des Sauerstoffs und des Chlors ist bisjetzt bei keiner krystallisirten Verbindung wahrgenommen worden.

Wir kennen also bisjetzt folgende Verbindungen des höchsten Schwefelchlorids mit der Schwefelsäure:

1) $S\,Cl^3 + 2\dddot{S}$

2) $S\,Cl^3 + 5\dddot{S}$

3) $S\,Cl^3 + 30\dddot{S}$.

Aufser diesen giebt es unstreitig noch mehrere, besonders solche, welche hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zwischen die beiden letzten einzureihen sind.

V. *Ueber Krystalle des Chlorits von der Achmatow'schen Grube im Ural und ihre Beziehung zum Chlorit vom Schwarzenstein in Tyrol, zum Ripidolith vom St. Gotthard und anderen Localitäten, zum Lophoit, Pennin und Kämmererit (Rhodochrom); von N. v. Kokscharow.*

Es trifft sich oft, dafs in grofsen Massen vorkommende und schon längst bekannte Mineralien weniger genau un-

Anmerkung: In Folgendem werden wir die Nomenklatur des Hrn. Prof. Gustav Rose beibehalten, der, wie bekannt, die von Hrn. Prof. von Kobell vorgeschlagenen Namen umgekehrt gebraucht. So bezeichnet er das Mineral von der Achmatow'schen Grube und von Schwarzenstein nicht als Ripidolith, sondern als *Chlorit*, während er dem Minerale vom St. Gotthard und Rauris den Namen *Ripidolith* und nicht Chlorit beilegt. Hr. Prof. Rammelsberg, die Nomenklatur des Prof. G. Rose beibehaltend, drückt ihre Zusammensetzung durch folgende Formel aus:

Chlorit (Ripidolith nach Kobell) $= (3\dot{R}^3\dddot{Si} + \ddot{\ddot{R}}^2\dddot{Si}) + 9\dot{H}$

Ripidolith (Chlorit nach Kobell) $= (3\dot{R}^3\dddot{Si} + \ddot{\ddot{R}}^3\dddot{Si}) + 9\dot{H}$.

Ferner bemerkt Hr. Prof. Rammelsberg, dafs, wenn es einst dargethan werde, dafs diese beiden Varietäten einer und derselben Mi-

tersucht sind, als viele höchst selten anzutreffende Mineralkörper. In diese Kathegorie gehören unter anderen die Chlorite, so wie im Allgemeinen alle glimmerartige Mineralien. In Folge dessen mufs ein jeder Beitrag zur Erkenntnifs der Natur dieser Körper erwünscht erscheinen. In vorliegender Abhandlung sind die Beobachtungen über die Krystalle des, durch seinen Dichroismus sich auszeichnenden Chlorits von der Achmatow'schen Grube im Ural zusammengestellt und verglichen mit anderen Varietäten des Chlorits, die unter verschiedenen Namen auftreten. Schon vor langer Zeit habe ich mich mit einer Reihe von Untersuchungen der Krystalle des Chlorits von der Achmatow'schen Grube, die ich während meiner Reise im Ural Gelegenheit hatte zu sammeln, beschäftigt. Ferner entging in dieser Zeit keine einzige öffentliche- oder Privatsammlung Petersburgs meiner Aufmerksamkeit und ich benutzte vollkommen alles sich mir auf diese Weise darbietende Material [1]). Zur Veröffentlichung der Resultate meiner Untersuchungen wurde ich noch besonders aufgefordert von meinem hochgeehrten Lehrer Hrn. Prof. Gustav Rose, der mir in einem Briefe unter Anderem auch folgendes schrieb:

neralspecies angehören, so könnte man für sie folgende Formel construiren:

$$\dot{R}^3 \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si}^2 \\ \dddot{Al}^2 \end{matrix} \right. + 3\dot{H}.$$

(C. F. Rammelsberg. Viertes Supplement zu dem Handwörterbuch des chemischen Theils der Mineralogie. Berlin 1849, S. 36.

L. Hartmann. Die neuesten Entdeckungen und Forschungen auf dem Gebiete der gesammten Mineralogie u. s. w. Weimar, 1850, S. 120.)

1) Viele meiner geehrten Freunde und Collegen unterstützten mich gefälligst bei dieser Arbeit mit Material, doch mufs ich besonders Sr. Exellenz Dr. von Rauch meinen innigsten Dank abstatten, dessen ausgezeichnete Sammlung beständig zu meiner Verfügung geöffnet war, dem Hrn. Berginjenieur Obrist H. v. Jossa, der mir die zum Messen geeignetsten Krystalle von Chlorit von Achmatowsk überliefs und endlich dem Berginjenieur Stabs-Kapitain K. v. Romanowsky.

»Ich habe von Hrn. Krantz auch Krystalle von Kämmererit, aber nach der Etiquette zu urtheilen, von Bissersk im Ural erhalten. — Sie werden am besten wissen, ob daselbst solche Krystalle vorgekommen sind. — Ich habe an diesen einige Messungen angestellt und danach scheinen sie mir mit dem Chlorit von Achmatowsk vollkommen übereinzustimmen, so daſs ich in meinem System, welches ich in kurzem herauszugeben gedenke, den Kämmererit oder Rhodochrom, wie man ihn früher genannt hat, zum Chlorit gestellt habe. Gewiſs haben Sie in Petersburg gute Krystalle vom Chlorit von Achmatowsk; sollten Sie nicht besser thun, die Krystalle des Kämmererits mit diesem zu vergleichen, auch mit den Krystallen des Chlorits vom Zillerthal, sowie mit den schönen Krystallen des Pennins von Zermatt, die alle zusammengehören, und dann eine vollständige Abhandlung über sämmtliche Varietäten des Chlorits auszuarbeiten? Sie wird vielleicht nicht leicht seyn, wegen der Schwierigkeit der Messungen, aber was der eine Krystall nicht darbietet, wird man vielleicht am anderen finden u. s. w.«

Allen, mit den Wissenschaften einigermaſsen Vertrauten, sind die Schwierigkeiten bekannt, auf die man beim Messen der Mineralkörper von blättriger Textur stöſst. In Folge des vollkommensten Blätterdurchganges, parallel der geraden Endfläche, bieten die Seitenflächen eine Menge horizontaler Striche dar, woher denn, ungeachtet des starken Glanzes der Oberfläche, entweder keine deutliche Spiegelung wahrzunehmen ist, oder eine so groſse Anzahl von Bildern entsteht, daſs auch die geringste Hoffnung zu einer Messung schwinden muſs. Eine Folge dieser Unvollkommenheit der Krystalle ist nun, daſs die Resultate der von verschiedenen Beobachtern vollzogenen Messungen unter einander nicht übereinstimmen. Vorzüglich entspringen viele Miſsverständnisse aus dem Umstande, daſs die Autoren, wie so oft geschieht, über die Eigenschaften der Krystallflächen vollkommen schweigen und nicht einmal an-

geben, in wie weit sich die Gröfse der von ihnen angegebenen Winkel der Wirklichkeit nähern könne. Ich hoffe man wird mir verzeihen, dafs ich in diesem Aufsatze auf einige Umstände aufmerksam mache, die meines Erachtens unumgänglich nöthig sind zur Beseitigung der eben angeführten Mifsverständnisse.

Einige, der von mir gesammelten Chlorit-Krystalle von der Achmatowschen Grube, sind von bedeutender Gröfse (gegen 6 Millimeter im Durchmesser) und zeichnen sich durch die Vollkommenheit ihrer Bildung, sowie durch die symmetrische Vertheilung der Flächen aus. Leider sind die grofsen Krystalle nicht sehr tauglich zu genauen Messungen und an ihnen können nur annäherungsweise Messungen vermittelst des Reflexionsgoniometers vorgenommen werden. Die anderen Krystalle sind sehr klein (gegen 1 bis 1½ Millimeter im Durchmesser) und bieten eine Menge verschiedenartiger, höchst unsymmetrisch vertheilter Flächen dar. Doch wird dieser Umstand dadurch aufgehoben, dafs diese Krystalle mit gehöriger Genauigkeit, vermittelst des Mitscherlichschen Reflexionsgoniometers gemessen werden können. An einigen dieser Krystalle war es möglich, die Messungen bis 5 Minuten und sogar noch genauer zu vollziehen.

Was die Krystallform des Chlorits aus der Achmatowschen Grube anbelangt, so stellen dieselben, wie es weiter unten gezeigt werden soll, ein seltenes Beispiel der *rhomboëdrischen Tetartoëdrie* dar.

Die kleinen Krystalle wurden vermittelst des Mitscherlichschen Goniometers, welches mit einem Fernrohr versehen war, gemessen, das Goniometer war in einem dunklen Zimmer aufgestellt und alle Fenster der angränzenden Zimmer waren mit dunklen Vorhängen bedeckt, aufser einer einzigen Scheibe, auf welcher eine dunkle viereckige Platte befestigt war, welche von dem Krystalle reflectirt wurde. Auf diese Art wurde der Reflex auf den Flächen des Krystalls bedeutend erhöht. Die Entfernung von der dunklen Platte am Fenster bis zum Goniometer betrug

15 Schritte. Das Instrument wurde aufgestellt vermittelst eines Spiegelglases mit parallelen Flächen und bei jeder Messung wurde der Krystall auf das Sorgfältigste centrirt. Mit einem Wort, es wurden alle Vorsichtsmafsregeln getroffen, die Hr. Prof. Mitscherlich in seiner, in der Berliner Academie, am 9. Januar 1843 gelesenen Abhandlung: »Ueber ein Goniometer,« empfiehlt.

Unter den kleinen Krystallen, die wir von nun an mit Nummern bezeichnen werden, war besonders No. 1 zum Messen geeignet. Er hatte die Form einer Hexagonalpyramide, in welcher zwei angränzende Flächen (*o* und *o'* in Fig. 18—22, Taf. III) sehr glänzend waren, so dafs das Bild des reflectirten Gegenstandes vollkommen deutlich und nicht verdoppelt erschien. Dieses bewog mich, alle Mühe daran zu wenden einige Winkel des Krystalls No. 1 mit der möglichsten Genauigkeit zu messen und wie es scheint ist mir diefs vollkommen gelungen. Auf diese Art wurden beim Krystall No. 1 folgende Werthe erhalten:

Für die Neigung einer der Flächen der Pyramiden zu der geraden Endfläche (Spaltungsfläche):

$$
\begin{array}{rl}
o:P = & 113^{\circ}\ 57\tfrac{1}{4}' \\
& 113\ \ 57\tfrac{1}{2} \\
& 113\ \ 58 \\
& 113\ \ 58\tfrac{3}{4} \\
& 113\ \ 57\tfrac{1}{2} \\
& 113\ \ 57\tfrac{1}{2} \\
& 113\ \ 58\tfrac{1}{4} \\
& 113\ \ 58 \\
& 113\ \ 58 \\
& 113\ \ 58\tfrac{3}{4} \\
& 113\ \ 58 \\
& 113\ \ 58 \\
\hline
\text{Mittel} = & 113^{\circ}\ 58'.
\end{array}
$$

Bei Bestimmung eines jeden dieser zwölf Werthe wurde der Krystall immer besonders am Goniometer eingestellt, und jeder Werth ist wieder das Mittel von sechs unmittelbar auf einander folgenden Drehungen des Instru-

mentenkreises. Im Vergleich mit anderen Flächen, gab die Fläche o die deutlichsten Bilder.

Die Neigung der Nachbarfläche der Pyramide zur geraden Endfläche (d. h. $0P$) betrug beständig 114° 0'. Da jedoch das reflectirte Bild hier weniger deutlich war als in dem vorigen Falle, so mufs auf dieses Resultat keine Rücksicht genommen werden.

Die Neigungswinkel der beiden vorigen Flächen der Pyramide, d. h. der Neigungswinkel in den Endkanten der Pyramide $o\,o'$ gegen einander betrug:

$o : o' = 125° 40'$
125 40
125 36
125 36
125 40
125 36

Mittel = 125° 38'.

Auch in diesem Falle ist jeder Werth das Mittel von sechs unmittelbar auf einander folgenden Drehungen des Instrumentenkreises, wobei jedesmal der Krystall von neuem eingestellt wurde. Der reflectirte Gegenstand erschien ziemlich deutlich, wenn auch nicht in dem Maafse wie bei der ersten Messung.

Wenn wir für den Neigungswinkel der beiden Flächen o und o' zu der geraden Endfläche im Krystall No. 1 den Werth = 113° 58' annehmen, so erhält man durch Rechnung als Neigungswinkel für dieselbe, d. h. für o zu o', den Werth = 125° 37' 36".

Viele der kleinen Krystalle sind, wie schon oben bemerkt wurde, sehr genau gemessen worden, doch werden für die gröfste Zahl der Flächen, nach diesen Messungen, zu complicirte Ausdrücke erhalten. Ich bin übrigens der Meinung, dafs eine solche Complicität den Chloritkrystallen von der Achmatowschen Grube eigen ist, und dafs sie sich vielleicht noch auf alle Krystalle ähnlicher Mineralien ausbreitet, denn es finden sich hier eine Menge Flächen in der horizontalen Zone, die in dem Neigungswinkel zur

geraden Endfläche oft nur durch eine höchst geringe Gröfse differiren. Es ist bekannt, dafs von diesem Umstand die Fafs-ähnliche Form der Chloritkrystalle herrührt.

Der Krystall No. 9 stellt eine der Fig. 19 Taf. III. ähnliche Combination dar, d. h. er besteht aus Rhomboëdern der ersten Art, unter denen das durch *o* bezeichnete Rhomboëder als herrschende Form erscheint. Die Flächen des Rhomboëders *o* sind zur geraden Endfläche unter dem uns schon bekannten Winkel von 113° 58′ geneigt. An diesem Krystalle sind noch die Flächen des Gegen-Rhomboëders sichtbar, die durch *o′* bezeichnet sind. Daher scheint es mir am geeignetsten als Hauptform für den Chlorit von Achmatowsk das Rhomboëder *o* anzunehmen, denn die Neigung seiner Flächen zu der geraden Endfläche ist mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt worden bei der Messung des Krystalls No. 1. Bei dieser Annahme für die Hauptform des Chlorits läfst sich folgendes Axenverhältnifs berechnen:

$$a : b : b : b = 1{,}94818 : 1 : 1 : 1.$$

In vielen der kleinen Krystalle sind die Flächen des Hauptrhomboëders *o* bemerkbar. Auf diese Weise wurde ihr Neigungswinkel zur geraden Endfläche auch in den Krystallen No. 3, 6, 7, 8 und 12 bestimmt. Oft trifft es sich, dafs die Flächen beider Rhomboëder *o* und *o′*, d. h. $+R$ und $-R$ (nach Naumann) und anderer Rhomboëder, einer und derselben Art aber verschiedener Ordnungen, in gleichem Maafse entwickelt sind, woher denn die gerade Endfläche nicht mehr dreieckig, sondern als regelmäfsiges Sechseck erscheint und der Krystall selbst mehr ein pyramidales als rhomboëdrisches Ansehen hat.

Im Krystall No. 7, dessen gerade Endfläche die Form eines regelmäfsigen Sechsecks hat, woher denn auch der Krystall die Form einer sechsseitigen Pyramide annimmt, war die eine zweier benachbarter Flächen (d. h. in zwei verschiedenen benachbart liegenden Horizontal-Zonen) dieser Pyramide zu der geraden Endfläche unter einem Winkel von 113° 58′ (folglich die Fläche *o* der Figur) geneigt,

die andere aber unter dem Winkel von 107° 55′. Die Neigung dieser beiden Flächen zu einander ist auch von mir bestimmt worden und ich fand den Winkel = 124° 3½′. Diese drei Messungen sind mit der erwünschten Genauigkeit vollzogen worden und da das reflectirte Bild sehr scharf begränzt erschien, so mufs man auch die erhaltenen Resultate als sehr sich der Wirklichkeit nähernde betrachten. Wenn man die zweite Fläche mit der Fläche der Grundform vergleicht, so läfst sich für dieselbe folgender Ausdruck berechnen:

$$\tfrac{11}{8} R = 1\tfrac{3}{8} R.$$

Bei dieser Voraussetzung lassen sich durch Rechhung folgende Werthe finden:

$$\tfrac{11}{8} R :\ 0 R = 107° \, 54' \, 57''$$
$$-\tfrac{11}{8} R : + R = 124° \, 2' \, 5''.$$

Hier mufs ich bemerken, dafs in demselben Krystalle, sowie in vielen anderen, die Flächen, welche dieselbe Lage wie $\tfrac{11}{8} R$ hatten, zur geraden Endfläche unter einem Winkel = 108° 10′ geneigt waren. Ich vermuthe, dafs die letzteren Flächen einem anderen Rhomboëder angehören.

An demselben Krystalle hatten die Flächen der Rhomboëder der ersten Art zur geraden Endfläche folgende Neigungswinkel:

$$c : P = 102° \, 30' - 102° \, 35'$$
$$s : P = 118° \, 10'$$

wenn man die Fläche c als zum ersten, schärferen Rhomboëder gehörig betrachtet, d. h.

$$c = 2R$$

so erhält man durch Rechnung:

$$c : P = 102° \, 31' \, 53''.$$

Jedoch mufs ich hier wieder bemerken, dafs dieser Winkel nur an einer Anzahl von Krystallen gemessen worden. In den Krystallen No. 3 und No. 16, waren die Flächen, welche dieselbe Lage hatten, ziemlich genau gemes-

sen worden und es stelllte sich bei ihnen zur geraden Endfläche ein Neigungswinkel:

$$102^\circ\ 6'$$

heraus. Wenn man folglich für sie annimmt:

$$\tfrac{27}{13} R = 2\tfrac{1}{13} R\ (?)$$

(dieser Ausdruck ist gewiſs zu complicirt), so findet man durch Rechnung:

$$\tfrac{27}{13} R : 0R = 102^\circ\ 4'\ 52''.$$

Ferner nimmt man

$$s = \tfrac{5}{6} R,$$

so berechnet sich:

$$s : P = 118^\circ\ 4'\ 38''$$ [1]).

Im Krystalle No. 2 finden sich die Flächen *y* (Fig. 18 und Fig. 18 bis, Taf. III.) des Rhomboëders zweiter Art, d. $= \tfrac{1}{4}(mP2)$ [2]). Die Neigungswinkel einer dieser Flächen zur geraden Endfläche, der obern und untern Hälfte des Krystalls, war ziemlich genau bestimmt worden. Es wurden dabei folgende Gröſsen erhalten:

$$y : P = \begin{cases} 105^\circ\ 55' \\ 74^\circ\ \ 7' \end{cases}$$

folglich sind diese beiden Messungen so ziemlich übereinstimmend. Wenn man annimmt:

$$y = \tfrac{1}{4}(\tfrac{9}{5} P2) = \tfrac{1}{4}(1\tfrac{4}{5} P2)$$

so lassen sich folgende Werthe berechnen:

$$y : P = \begin{cases} 105^\circ\ 55' \\ 74^\circ\ \ 5' \end{cases}$$

Im Krystall No. 12 bestimmte ich einige Winkel ziemlich gut. Auf diese Weise sind, auſser den uns schon bekannten Winkeln, noch fernere bestimmt worden. Der Neigungswinkel einer Fläche des Rhomboëders zweiter Art zur geraden Endfläche, sowie die Neigung der Fläche dieses Rhomboëders zur anliegenden Fläche des Haupt-

1) An einigen Krystallen fand ich, daſs die Flächen, welche dieselbe Lage wie *s* hatten, mit der geraden Endfläche einen Neigungswinkel $= 118^\circ\ 25' - 118^\circ\ 36'$ bildeten.

2) Wenn man die Krystallisation des Chlorits als zur rhomboëdrischen Tetartoëdrie gehörig annimmt.

rhomboëders, mit derselben nicht in einer und derselben horizontalen Zone liegend. Für den ersten dieser Winkel wurde durch Messung der Werth $= 103^\circ 55' - 104^\circ 0'$ bestimmt und für den zweiten $= 150^\circ 0'$. Wenn man in Uebereinstimmung mit diesen Messungen den, der Fläche entsprechenden Werth berechnet, so erhält man einen sehr complicirten Ausdruck, namentlich:

$$\tfrac{1}{4}(\tfrac{27}{13}P2) = \tfrac{1}{4}(2\tfrac{1}{13}P2) \; (?).$$

Auf dem ersten Blick hin scheint es, als ob ein so zusammengesetzter Ausdruck für die Fläche nicht existiren könne, und dafs man eher die Gröfse $= \tfrac{1}{4}(2P2)$ annehmen mufs: doch wird durch die weiteren Berechnungen ersichtlich, dafs die letzte einfachere Gröfse für die Fläche nicht in Anwendung gebracht werden kann. Wenn man, wie es wirklich bei der obigen Berechnung geschehen ist, für die Fläche den Werth $= \tfrac{1}{4}(\tfrac{27}{13}P2)$ gelten läfst, so erhält man durch Rechnung:

$$\tfrac{1}{4}(\tfrac{27}{13}P2) : 0R = 103^\circ 52' 56'',$$

gleichfalls erhält man nach den Formeln für das sphärische Dreieck, wenn man den Flächen-Winkel des Dreiecks $= 150^\circ 0'$ und die übrigen Winkel $= 113^\circ 58'$ und $103^\circ 52' 56''$ annimmt, folgenden Werth:

$$\tfrac{1}{4}(\tfrac{27}{13}P2) : R = 149^\circ 57' 40''$$

d. h. eine Gröfse, die sich von der, durch unmittelbare Messung erhaltenen, nur durch $2\tfrac{1}{4}$ Minuten unterscheidet. Wenn wir hingegen für die Fläche den Werth $\tfrac{1}{4}(2P2)$ beibehalten, so erhalten wir zwar für den Neigungswinkel von dieser Fläche zur Fläche des Hauptrhomboëders eine Gröfse, die der durch Messung gefundenen nahe steht, namentlich $150^\circ 10'$, doch entfernt sich desto mehr der Neigungswinkel dieser Fläche zur Basis von dem durch Messung bestimmten. In dem letzten Falle erhält man namentlich $104^\circ 23' 40''$ d. h. einen Winkel, der von dem durch Messung gefundenen, fast um $\tfrac{1}{2}$ Grad differirt. Eine solche Differenz kann jedoch keineswegs zugelassen werden, da die Messungen sehr genau vollzogen werden.

In

An demselben Krystall war eine Fläche des Rhomboëders der ersten Art zur geraden Endfläche unter einem Winkel = 119° 5′ bis 119° 12′ geneigt. Für diese Fläche wird der Ausdruck

$$\tfrac{4}{3}R$$

berechnet. Und bei dieser Voraussetzung erhält man ferner durch Berechnung:

$$\tfrac{4}{3}R : 0R = 119^\circ\ 3'\ 33''.$$

An diesem Krystalle ist eine Fläche des Rhomboëders gleichfalls erster Art zur geraden Endfläche unter einem Winkel von 106° 20′ geneigt. Wenn man für dieselbe den Werth

$$\tfrac{3}{2}R = 1\tfrac{1}{2}R$$

setzt, so findet man durch Rechnung:

$$\tfrac{3}{2}R : 0R = 106^\circ\ 30'\ 27''.$$

Am Krystall No. 3 wurden aufser mehren, uns schon bekannten Neigungswinkeln, noch folgende durch Messung bestimmt, wenn auch nicht mit so grofser Genauigkeit wie an den übrigen Krystallen. Auf diese Weise erhielt ich:

$$t : P = 117^\circ\ 30'$$
$$s : P = 118\ \ 10'$$
$$f : o = 144\ \ 44'$$
$$g : P = 90\ \ 0'.$$

Die Flächen t und s liegen übereinander in einer und derselben verticalen Zone (Fig. 19 Taf. III).

Wenn man annimmt:

$t = \frac{6}{7}R$, so erhält man durch Rechnung $t : P = 117^\circ\ 24'\ 54''$

$f = \frac{11}{5}R = 2\frac{1}{5}R$, » » » » » $f : P = 101\ \ 25\ 24$

aus Messungen $f : o$ und $o : P$ erhält man $f : P = 101\ \ 18$

$f : o = 144\ \ 37\ 35$

Am Krystall No. 9, welcher der Fig. 19 ähnlich sah, sind die Flächen der Hauptform prädominirend. Aufser den Neigungswinkeln von $o : P$, $c : s$, $s : P$, $c : P$ und $\frac{11}{8}R : 0R$, welche uns bekannt sind, wurde an demselben noch annäherungsweise der Neigungswinkel des Rhomboëders zweiter Art z zur geraden Endfläche bestimmt. Auf diese Weise wurde erhalten:

$$z : P = 125^\circ\ 0'\ \text{bis}\ 125^\circ\ 15'.$$

Wenn man annimmt:

$$z = \tfrac{1}{4}(\tfrac{8}{11} P2),$$

so läſst sich berechnen:

$$z : P = 125^\circ\ 12'\ 50''.$$

Am Krystall No. 8 wurde unter anderem auch der Neigungswinkel der Fläche eines Rhomboëders erster Art zur geraden Endfläche durch Messung bestimmt und $= 115^\circ\ 0'$ gefunden. Wenn man für diese Fläche den Ausdruck annimmt:

$$\tfrac{19}{20} R \ (?)$$

so erhält man durch Rechnung:

$$\tfrac{19}{20} R : 0R = 115^\circ\ 4'\ 30''.$$

Am Krystall No. 15 wurde unter anderem ziemlich genau die Neigung der Fläche eines Rhomboëders erster Art zur geraden Endfläche bestimmt und $= 115^\circ\ 50' - 116^\circ\ 58'$ gefunden. Wenn man für diese Fläche den Ausdruck:

$$\tfrac{7}{8} R$$

annimmt, so läſst sich berechnen:

$$\tfrac{7}{8} R : 0R = 116^\circ\ 55'\ 56''.$$

An diesem Krystalle war die Fläche eines anderen Rhomboëders erster Art zur geraden Endfläche unter einem Winkel $= 107^\circ\ 30'$ geneigt. Wenn man für diese letzte den Werth

$$\tfrac{7}{5} R = 1\tfrac{2}{5} R$$

setzt, so findet man durch Rechnung:

$$\tfrac{7}{5} R : 0R = 107^\circ\ 36'\ 57''.$$

Wenden wir uns jetzt zu den groſsen Chlorit-Krystallen von Achmatowsk, die zu Messungen gröſstentheils untauglich sind, deren wir aber am Anfang der Abhandlung Erwähnung thaten. Ich war aber so glücklich einige solcher Krystalle habhaft zu werden, in denen einige Winkel annäherungsweise vermittelst des Reflexionsgoniometers bestimmt werden konnten. Besonders konnten an einem dieser Krystalle, der in Fig. 18 und 18 *bis* abgebildet ist, einige Neigungswinkel ziemlich bequem gemessen werden.

Es ist zu bemerken, dafs im Allgemeinen alle grofsen Krystalle des Chlorits von der Achmatowschen Grube, an denen eine symmetrische Vertheilung der Flächen wahrzunehmen ist, eine der Fig. 18 und 18 *bis* ähnliche Bildung besitzen.

Auf dem ersten Blick hin kann man annehmen, dafs diese Krystalle eine Combination von Rhomboëdern erster Art mit Hexagonalpyramiden zweiter Art sind, ähnlich den Combinationen des Eisenglanzes. Jedoch bei näherer Untersuchung erweist es sich, dafs sie eher den Krystallen des Titaneisen von Oisans, als den Krystallen des Eisenglanzes gleichen. Am Krystall Fig. 18 wurde durch Messung gefunden

$o:P = 113^\circ\ 58'$
$v:P = 113\ \ 10$ } annäherungsweise Messung.
$e:P = 110\ \ 20$ bis 30

$e:o = 124^\circ\ 45'$
$e:v = 152\ \ 7$ } ziemlich genaue Messung.
$v:o = 152\ \ 25$

Wenn man die Flächen e und v mit unserer Hauptform o vergleicht, so erhält man:

$e = \frac{6}{5}R$
$v = \frac{1}{4}(\frac{6}{5}P2)$

und bei dieser Voraussetzung findet man ferner durch Rechnung:

$v:P = 113^\circ\ 9'\ 32''$
$e:P = 110\ \ 19\ \ 37$
$e:o = 124\ \ 43\ \ 5$
$e:v = 152\ \ 2\ \ 50$
$v:o = 152\ \ 32\ \ 25$

d. h. Gröfsen, die den durch unmittelbare Messung gefundenen sehr nahe stehen.

Da an allen grofsen Krystallen die Fläche v, sowie die ihnen ähnlichen, keine hexagonalen Pyramiden zweiter Art sondern Rhomboëder zweiter Art bilden, so ist es augenscheinlich, dafs die Krystalle des Chlorits einen höchst sel-

tenen Fall der *rhomboëdrischen Tetartoëdrie* des Hexagonalsystems bilden.

An einem anderen der erwähnten grofsen Krystalle, der sich durch seine vollkommene Symmetrie auszeichnete, konnte ich nur annähernde Messungen vornehmen. An demselben waren folgende Formen vereinigt: $P = 0R$, $o = R$, $e = \frac{6}{5}R$, $v = \frac{1}{4}(\frac{6}{5}P2)$, $\frac{1}{4}(\frac{7}{5}P2)$, $x = \frac{1}{4}(\frac{17}{5}P2)$.

Bei diesen Voraussetzungen lassen sich folgende Neigungswinkel berechnen:

$$\frac{1}{4}(\tfrac{7}{5}P2) : 0R = 110^\circ\ 8'\ 7''$$
$$x : P = 102\ \ 4\ \ 20.$$

Unter anderem fand ich auch an einem der grofsen Krystalle, nach einer annähernden Messung, dafs die Fläche des Rhomboëders zweiter Art zur geraden Endfläche einen Neigungswinkel = gegen 108° 50′ hatte. Wenn man für diese Gröfse den Ausdruck setzt $= \frac{1}{4}(\frac{3}{2}P2)$ (?), so erhält man durch Rechnung:

$$\frac{1}{4}(\tfrac{3}{2}P2) : 0R = 108^\circ\ 53'\ 27''.$$

Gleichfalls wurde vermittelst einer, annäherungsweise vollzogenen Messung gefunden, dafs die Fläche des Rhomboëders zweiter Art, die mit der vorigen in einer und derselben verticalen Zone lag, zur geraden Endfläche unter einem Winkel = gegen 79° 0′ (Supl. = 101° 0′) geneigt war. Wenn man für diese Fläche das Zeichen

$$\frac{1}{4}(\tfrac{13}{5}P2) = \frac{1}{4}(2\tfrac{3}{5}P2)\ (?)$$

annimmt, so findet man durch Rechnung:

$$\frac{1}{4}(\tfrac{13}{5}P2) : 0R = 10^\circ\ 10'\ 5''.$$

Aufser allen oben angeführten Neigungswinkeln, hatte ich Gelegenheit noch viele andere zu messen, die hier anzuführen ich für überflüssig halte, da die Messungen gröfstentheils nur annäherungsweise ausgeführt wurden. Unter anderem fand ich ziemlich oft, dafs die Flächen der Rhomboëder erster Art zur geraden Endfläche unter den Winkeln: 113° 36′ und 114° 20′ bis 114° 40′ geneigt waren. Ich führe diesen Umstand hier deshalb an, damit auch andere Beobachter solche Flächen nicht mit den Flächen *o*

unserer Hauptform des Chlorits von Achmatowsk verwechseln möchten.

Schliefslich mufs ich noch bemerken, dafs alle Flächen der Rhomboëder erster Art sehr breit sind, und sie es sind, welche die sechsseitige Figur der geraden Endfläche bedingen. — Die Flächen der Rhomboëder zweiter Art sind im Gegentheil weit schmäler als die vorigen.

Die Flächen der Rhomboëder erster Art sind gröfstentheils mit mehr oder minder beträchtlichen horizontalen Streifen bedeckt und erscheinen nur selten vollkommen glänzend, woher ihr Aeufseres einen besonderen Charakter erhält, wonach dieselben manchmal von den Flächen der Rhomboëder zweiter Art, die gröfstentheils glatt und glänzend erscheinen, unterschieden werden können.

Jetzt wollen wir die Formen des Chlorits von Schwarzenstein (des Ripidoliths nach Kobell), des Ripidoliths vom St. Gotthard und von anderen Localitäten (des Chlorits nach Kobell), des Lophoits (Breithaupt), des Pennins und Kämmererits (des Rhodochroms nach Gustav Rose) mit unserer Hauptform *o* (siehe Figuren) des Chlorits aus der Achmatowschen Grube vergleichen.

1) Hr. Prof. Gustav Rose [1]) nimmt im Chlorit vom Zillerthal ein Rhomboëder an, dessen Flächen nach seinen Messungen zur geraden Endfläche unter einem Winkel von 104° 10′ bis 104° 20′ geneigt sind. In Folge dessen kann man im Mittel 104° 15′ annehmen. Wenn man für diese Fläche den Werth:

$$\tfrac{7}{4}R = 1\tfrac{3}{4}R$$

setzt, so erhält man durch Rechnung:

$$\tfrac{7}{4}R : 0R = 104^\circ\, 15'\, 10''.$$

Hr. Prof. v. Kobell [2]) nimmt für den Chlorit von der

1) G. Rose, Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere. 2. Bd., S. 127.

2) v. Kobell, Charakteristik der Mineralien. Erste Abtheil. 1830, S. 203.
v. Kobell, Grundzüge der Mineralogie. 1838, S. 220.
v. Kobell, Kastner's Archiv. XII, S. 29.
C. F. Naumann. Elemente der Mineralogie. 1846, S. 341.

Achmatowschen Grube (Ripidolith nach v. Kobell) als Hauptform eine Hexagonalpyramide an, deren Flächen in den Seitenkanten und mit der geraden Endfläche einen Winkel = 120° 0′ bilden. Hr. Prof. Hausmann [1]) vergleicht die von Hrn. Prof. G. Rose im Chlorit vom Zillerthal gemessene Fläche (für welche wir oben den Werth $\frac{1}{4}R$ bestimmt haben) mit der von Hrn. v. Kobell angegebenen Fläche (120° 0′ Neigung) und berechnet einen Neigungswinkel = 104° 23′ 30″. Wenn man aber voraussetzt, dafs die von Hrn. Prof. v. Kobell vollzogene Messung nicht annäherungsweise, sondern genau vorgenommen worden ist, so erhält man, beim Vergleich der Fläche der Hexagonalpyramide des Hrn. v. Kobell (120° 0′ Neigung) mit der Fläche unserer Hauptform *o*, keinen einfachen Ausdruck. Wenn man jedoch annimmt, dafs diese Fläche, im Vergleich mit unserer Hauptform *o*, der Fläche des Rhomboëders *zweiter Art*: $\frac{1}{4}(\frac{8}{9}P2)$ (?) entspricht, so erhält man durch Rechnung:

$$\tfrac{1}{4}(\tfrac{8}{9}P2) : 0R = 120^\circ\ 0'\ 18''.$$

Wenn man ferner den Neigungswinkel der Fläche des Rhomboëders zweiter Art = $\frac{1}{4}(2P2)$ zur geraden Endfläche berechnet, so erhält man:

$$\tfrac{1}{4}(2P2) : 0R = 104^\circ\ 23'\ 40''$$

d. h. einen Winkel, der mit dem von Hrn. Prof. Hausmann berechneten Neigungswinkel zur Basis fast übereinstimmend ist.

Hr. Descloizeaux [2]) fand am Chlorit vom Zillerthal, dafs die Flächen einer der Hexagonalpyramiden geneigt sind: in den Endkanten unter einem Winkel = 132° 40′ und in den Seitenkanten unter dem Winkel = 106° 50′. Folglich beträgt der Neigungswinkel der Flächen dieser Pyramide zur geraden Endfläche = 126° 35′. Wenn man

1) Hausmann, Handb. der Mineralogie. Zweiter Theil, 1. Bd. S. 855.
2) Naumann, Elemente der Mineralogie. 1846, S. 341.
Hausmann, Handb. der Mineralogie. Zweiter Theil. Erster Band. 1847, p. 857.

annimmt, dafs die Flächen der Pyramide des Hrn. Descloizeaux, hinlänglich unserer Hauptform *o*, dem Ausdruck:

$$\tfrac{8}{5}R$$

entsprechen, so erhält man durch Rechnung:

$$\tfrac{8}{5}R : 0R = 126^\circ\ 32'\ 3''$$

ferner lassen sich für diese Pyramide noch folgende Winkel berechnen: 132° 37′ 28″ und 106° 55′ 52″.

Hr. Prof. Breithaupt [1]) nimmt als Hauptform für den Chlorit (Ripidolith nach v. Kobell) ein Rhomboëder an, dessen Flächen in den Endkanten unter einem Winkel = 106° 16′ 15″ geneigt sind, und zur geraden Endfläche eine Neigung = 136° 9′ 17″ haben. Wenn man annimmt, dafs dieses Rhomboëder durch:

$$\tfrac{8}{7}R$$

ausgedrückt wird, so erhält man durch Rechnung:

$$\tfrac{8}{7}R : 0R = 136^\circ\ 2'\ 50''.$$

Hr. Prof. Breithaupt [2]) nimmt beim Lophoit eine Hexagonalpyramide an, deren Flächen zur geraden Endfläche unter einem Winkel = 105° 14′ bis 105° 25′ geneigt sind. Hr. Prof. Hausmann [3]) vergleicht die Fläche dieser Pyramide mit der Fläche der Pyramide des Hrn. Descloizeaux (mit den Neigungen von 132° 40′ und 106° 50′) und berechnet den Neigungswinkel zur geraden Endfläche = 105° 33′. Wenn man annimmt, dafs der Werth für die Form des Lophoits gleich:

$$\tfrac{8}{5}R$$

sey, so läfst sich daraus berechnen:

$$\tfrac{8}{5}R : 0R = 105^\circ\ 31'\ 37''.$$

2) Die Krystallformen des Pennins können gleichfalls

1) Breithaupt, Vollst. Handb. der Mineralog. 1841. Zweiter Band, S. 378.

2) Breithaupt, Vollst. Handb. der Mineralog. 1841. Zweiter Band, S. 381.

3) Hausmann, Handb. der Mineralogie. 1847. Zweiter Theil, Erster Band, S. 858.

aus unserer Hauptform *o* des Chlorits von Achmatowsk abgeleitet werden.

Hr. Prof. Fröbel [1]) hat bei der Messung mit Hülfe des Anlegegoniometers gefunden, dafs der Neigungswinkel der Fläche eines Rhomboëders des Pennins zur geraden Endfläche $= 99^\circ\ 0'$ betrage. Nach diesem Winkel läfst sich folgender Werth berechnen:

$$\tfrac{14}{5} R = 2\tfrac{4}{5} R \ (?)$$

und ferner:

$$\tfrac{14}{5} R : 0R = 99^\circ\ 1'\ 16''.$$

Da jedoch die Messung nur annäherungsweise vollzogen worden ist, so kann man freilich nicht vollkommen davon überzeugt seyn, ob es wirklich das Rhomboëder $\tfrac{14}{5} R$ sey. Genauere Messungen der Penninkrystalle verdanken wir Hrn. Descloizeaux [2]), der in diesem Minerale das spitze Rhomboëder mit einem Neigungswinkel in den Endkanten $= 63^\circ\ 15'$ und in den Seitenkanten $= 116^\circ\ 45'$ bestimmte. Folglich beträgt die Neigung der Fläche des Rhomboëders zur geraden Endfläche $= 100^\circ\ 30'\ 40''$. Wenn wir für das Penninrhomboëder des Hrn. Descloizeaux das Zeichen:

$$\tfrac{12}{5} R = 2\tfrac{2}{5} R$$

annehmen, so findet man durch Rechnung:

$$\tfrac{12}{5} R : 0R = 100^\circ\ 29'\ 37''.$$

3) Was den Kämmererit (Rhodochrom nach Gustav Rose, Kämmererit nach Nordenskiöld) anbelangt, so ist es mir möglich gewesen einige Krystalle desselben mit hinlänglicher Genauigkeit zu messen. Die Resultate dieser Messung sind von mir schon in den Verhandlungen der kaiserl. Russisch. Mineralogischen Gesellschaft mitgetheilt worden [3]), woher ich denn an diesem Orte nur einiges über die Gröfse der Winkel anzuführen gedenke und die

1) Pogg. Ann. Bd. 50, S. 524.

2) *Marignac et Descloizeaux, Biblioth. univ. de Genève. Janv.* 1844. — *Ann. de chim.* 3. *Sér. T. X. p.* 427.

3) Verhandlungen der kaiserl. Russisch. Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersb. Jahrg. 1848 und 1849 S. 18.

Krystalle des Kämmererit mit denen des Chlorits von Achmatowsk vergleichen werde. Durch die Güte des Hrn. Kämmerer erhielt ich drei kleine Krystalle dieses Minerals, (die in der oben angeführten Abhandlung in der kaiserl. Russisch. Mineralogischen Gesellschaft mit No. 1, No. 2 und No. 3 bezeichnet sind), welche zu einer Messung sehr geeignet waren. Zwei angränzende Flächen der Hexagonalpyramide und die gerade Endfläche eines dieser Krystalle (No. 1) waren sehr glatt und glänzend, so dafs sie der Messung, vermittelst des Mitscherlichschen Reflexions-Goniometers, unterworfen werden konnten. Eine der Flächen der Pyramide hatte zur geraden Endfläche eine Neigung $=95^{\circ}\ 34'$ (das Mittel aus 6 Messungen, die vermittelst einer besonderen Einstellung des Krystalls am Goniometer vollzogen wurden). Die andere, angränzende Fläche der Pyramide war zur geraden Endfläche unter einem Winkel $=95^{\circ}\ 16'$ geneigt; die beiden angränzenden Flächen der Hexagonalpyramide aber bildeten unter einander einen Winkel $=120^{\circ}\ 19\frac{3}{4}'$. Obgleich ich einige Mal die Messung des Winkels, den die zweite Fläche der Pyramide mit der geraden Endfläche bildete, wiederholte und wiewohl das reflectirte Bild sehr deutlich erschien, so erhielt ich doch für diesen Winkel beständig den Werth von $95^{\circ}\ 16'$. Da der Fehler bei der Messung, meinem Gutachten nach, nicht mehr als 5 Minuten betragen kann, so ist es möglich, dafs beide angeführten Flächen zwei verschiedenen Rhomboëdern angehören, obgleich die Differenz der Winkel nicht mehr als 18 Minuten beträgt. Wenn man, nach den Formeln des sphärischen Dreiecks, die gegenseitige Neigung dieser Flächen berechnet (indem man den ebenen Winkel des sphärischen Dreiecks $=120^{\circ}\ 0'$, die übrigen Winkel aber $=95^{\circ}\ 34'$ und $95^{\circ}\ 16'$ annimmt), so erhält man einen Winkel $=120^{\circ}\ 19'\ 48''$, d. h. einen Winkel, der mit dem durch Messung erhaltenen vollkommen übereinstimmend ist. Es ist wahr, dafs, wenn man beide Winkel des sphärischen Dreiecks $=95^{\circ}\ 34'$ setzt, (wie ich es in der Abhandlung über die Krystalle des

Kämmererits gethan habe) man gleichfalls einen Winkel erhält, welcher der durch Messung erhaltenen Gröfse sehr nahe kommt, nämlich $= 120^\circ\ 18'\ 42''$; jedoch war die Differenz bei den vorigen Winkeln am Goniometer sehr bemerkbar. Wenn wir die Form r (Fig. 22), die ich beim Kämmererit [1]) als Hauptform angenommen habe, mit unserer Hauptform o des Chlorits von Achmatowsk vergleichen, so erhalten wir den Werth:

$$r = \tfrac{23}{5} R = 4\tfrac{3}{5} R,$$

bei dieser Voraussetzung erhält man durch Rechnung:

$$r : P = 95^\circ\ 31'\ 12''.$$

Am zweiten Kämmereritkrystalle (No. 2) war ziemlich genau (wenn auch nicht in dem Grade wie an dem vorigen) die Neigung der Fläche m (Fig. 22) zur geraden Endfläche der obern und untern Hälfte des Krystalls bestimmt. Dabei erhielt man:

$$m : P = \begin{cases} 94^\circ\ 0' \\ 86^\circ\ 0'. \end{cases}$$

Wenn man setzt:

$$m = \tfrac{23}{5} R = 6\tfrac{2}{5} R$$

so erhält man durch Rechnung:

$$m : P = \begin{cases} 93^\circ\ 58'\ 24'' \\ 86^\circ\ \ 1'\ 36''. \end{cases}$$

Am dritten Krystall des Kämmererit (No. 3) hatte eine der Flächen der Pyramide, nach einer nur annähernden Messung, zur geraden Endfläche einen Neigungswinkel gegen $108^\circ\ 58'$ bis $109^\circ\ 8'$. Wenn man diese Fläche für den Ausdruck:

$$\tfrac{9}{7} R = 1\tfrac{2}{7} R \text{ annimmt,}$$

so erhält man durch Rechnung:

$$\tfrac{9}{7} R : 0 R = 109^\circ\ 4'\ 22''.$$

Aus allem Angeführten ist ersichtlich, dafs die Krystalle der genannten Mineralien in einer innigen Verbindung stehen und dafs, wenn bei der Ableitung des einen aus

1) Verhandl. der kaiserl. Russ. Mineralog. Gesellsch. zu St. Petersburg Jahrg. 1848—1849 S. 18.

dem anderen nicht ganz einfache Ausdrücke erhalten werden, dieses wohl in der Natur der Mineralien selbst seinen Grund hat.

Wenn wir alle Ausdrücke und Neigungswinkel der Flächen an den oben beschriebenen Formen zusammenfassen, so erhalten wir:

Am Chlorit und Ripidolith.

	Nach Weifs.	Nach Naumann.
$P=$	$(a:\infty b:\infty b:\infty b)$	$0\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{3}{7}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{3}{7}\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{3}{5}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{3}{5}\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{4}{5}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{4}{5}\,R$
$s=$	$\frac{1}{2}(\frac{5}{6}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{5}{6}\,R$
$t=$	$\frac{1}{2}(\frac{6}{7}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{6}{7}\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{7}{8}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{7}{8}\,R$
(?)	$\frac{1}{2}(\frac{19}{20}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{19}{20}\,R$
$o=$	$\frac{1}{2}(a:b:b:\infty b)$	R
$e=$	$\frac{1}{2}(\frac{6}{5}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{6}{5}\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{11}{8}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{11}{8}\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{7}{5}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{7}{5}\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{3}{2}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{3}{2}\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{8}{5}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{8}{5}\,R$
	$\frac{1}{2}(\frac{7}{4}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{7}{4}\,R$
$c=$	$\frac{1}{2}(2\,a:b:b:\infty b)$	$2\,R$
(?)	$\frac{1}{2}(\frac{27}{13}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{27}{13}\,R$
$f=$	$\frac{1}{2}(\frac{11}{5}\,a:b:b:\infty b)$	$\frac{11}{5}\,R$
$g=$	$(\infty a:b:b:\infty b)$	∞R
$z=$	$\frac{1}{2}(\frac{8}{11}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{8}{11}\,P2)$
(?)	$\frac{1}{2}(\frac{8}{9}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{8}{9}\,P2)$
$v=$	$\frac{1}{2}(\frac{6}{5}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{6}{5}\,P2)$
	$\frac{1}{2}(\frac{7}{5}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{7}{5}\,P2)$
(?)	$\frac{1}{2}(\frac{3}{2}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{3}{2}\,P2)$
$y=$	$\frac{1}{2}(\frac{9}{5}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{9}{5}\,P2)$
(?)	$\frac{1}{2}(\frac{27}{13}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{27}{13}\,P2)$
$x=$	$\frac{1}{2}(\frac{12}{5}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{12}{5}\,P2)$
	$\frac{1}{2}(\frac{13}{5}\,a:b:2b:2b)$	$\frac{1}{4}(\frac{13}{5}\,P2)$

Am Pennin.

$\frac{1}{2}(\frac{12}{5}a:b:b:\infty b)$	$\frac{12}{5}R$
$\frac{1}{2}(\frac{14}{5}a:b:b:\infty b)$	$\frac{14}{5}R$

Am Kämmererit.

$\frac{1}{2}(\frac{9}{7}a:b:b:\infty b)$	$\frac{9}{7}R$
$r=\frac{1}{2}(\frac{23}{5}a:b:b:\infty b)$	$\frac{23}{5}R$
$m=\frac{1}{2}(\frac{32}{5}a:b:b:\infty b)$	$\frac{32}{5}R$.

Ferner erhalten wir für die Neigungswinkel:

Am Chlorit.

		Berechnete Winkel.	Gemessene Winkel.
$\frac{3}{7}R$	$:0R$	136° 3′	136° 9′ 17″ (Breithaupt)
$\frac{3}{5}R$	$:0R$	126 32	126 35 (Descloizeaux)
$\frac{4}{5}R$	$:0R$	119 4	119 5 — 119 12
$s:P=\frac{5}{6}R$	$:0R$	118 5	118 10
$t:P=\frac{6}{7}R$	$:0R$	117 25	117 30
$\frac{7}{8}R$	$:0R$	116 56	116 50 — 116 58
$\frac{19}{20}R$	$:0R$	115 5	115 0
$o:P=R$	$:0R$	113 58	113 58
$e:P=\frac{6}{5}R$	$:0R$	110 20	110 20 — 110 30
$\frac{11}{8}R$	$:0R$	107 55	107 55
$\frac{7}{5}R$	$:0R$	107 37	107 30
$\frac{3}{2}R$	$:0R$	106 30	106 15 — 106 20
$\frac{8}{5}R$	$:0R$	105 32	105 14 — 105 25 (Breithaupt)
$\frac{7}{4}R$	$:0R$	104 15	104 10 — 104 20 (G. Rose)
$c:P=2R$	$:0R$	102 32	102 30 — 102 35
$\frac{27}{13}R$	$:0R$	102 5	102 5
$f:P=\frac{11}{5}R$	$:0R$	101 25	101 18
$g:P=\infty R$	$:0R$	90 0	90 0
$z:P=\frac{1}{4}(\frac{8}{11}P2)$	$:0R$	125 13	125 0 = 125 15
$\frac{1}{4}(\frac{8}{9}P2)$	$:0R$	120 0	120 0 (s. v. Kobell)

	Berechnete Winkel.	Gemessene Winkel.
$v:P=\frac{1}{4}(\frac{6}{5}P2):0R$	113° 10′	113° 10′
$\frac{1}{4}(\frac{7}{5}P2):0R$	110 8	110 10
$\frac{1}{4}(\frac{8}{5}P2):0R$	108 53	108 50
$y:P=\frac{1}{4}(\frac{9}{5}P2):0R$	105 55	105 55
$\frac{1}{4}(\frac{27}{13}P2):0R$	103 53	103 55 — 104° 0′
$x:P=\frac{1}{4}(\frac{12}{5}P2):0R$	102 4	102 10
$\frac{1}{4}(\frac{13}{5}P2):0R$	101 10	101 0 — 101 5′.

Neigungen der benachbarten Flächen von Chlorit, welche nicht in einer und derselben verticalen Zone liegen, unter einander:

	Berechnete Winkel.	Gemessene Winkel.
$o:o'=+R:-R$	125° 38′	125° 38′
$+R:-\frac{11}{8}R$	124 2	124 $3\frac{1}{2}$
$R:\frac{1}{4}(\frac{27}{13}P2)$	149 58	150 0
$+\frac{11}{8}R:-\frac{5}{6}R$	114 22	124 30
$v:o=\frac{1}{4}(\frac{6}{5}P2):R$	152 32	152 25
$v:e=\frac{1}{4}(\frac{6}{5}P2):\frac{6}{5}R$	152 3	152 7
$e:o=-\frac{6}{5}R:+R$	124 43	124 45.

Am Pennin.

	Berechnete Winkel.	Gemessene Winkel.
$\frac{12}{5}R:0R$	100° 30′	100° 30′ 40″ (Descloizeaux)
$\frac{14}{5}R:0R$	99 1	99 0 (Froebel).

Am Kämmererit (Rhodochrom).

	Berechnete Winkel.	Gemessene Winkel.
$\frac{9}{7}R:0R$	109° 4′	108° 58′ — 109° 8′
$r:P=\frac{28}{5}R:0R$	95 31	95 34
$r':P$		95 16
$m:P=\frac{32}{5}R:0R$	93 58	94 0

Wenn wir die Neigungswinkel der Flächen der Rhomboëder in den Endkanten durch X, in den Seitenkanten durch Z, und den Neigungswinkel der Endkante des Rhomboëders zur Hauptaxe durch α bezeichnen, so erhalten wir:

Am Chlorit.

$\frac{1}{2}(\frac{3}{7} a : b : b : \infty b) = \frac{3}{7} R.$
$X = 106^\circ\ 6'\ 20''$
$Z = 73\ \ 53\ \ 40$
$\alpha = 64\ \ 15\ \ 50.$

$\frac{1}{2}(\frac{3}{5} a : b : b : \infty b) = \frac{3}{5} R.$
$X = 91^\circ\ 48'\ 30''$
$Z = 88\ \ 11\ \ 30$
$\alpha = 55\ \ 59\ \ 6.$

$\frac{1}{2}(\frac{4}{5} a : b : b : \infty b) = \frac{4}{5} R.$
$X = 81^\circ\ 35'\ 48''$
$Z = 98\ \ 24\ \ 12$
$\alpha = 48\ \ 1\ \ 2.$

$s = \frac{1}{2}(\frac{5}{6} a : b : b \infty b) = \frac{5}{6} R.$
$X = 80^\circ\ 20'\ 44''$
$Z = 99\ \ 33\ \ 16$
$\alpha = 46\ \ 51\ \ 14.$

$t = \frac{1}{2}(\frac{6}{7} a : b : b \infty b) = \frac{6}{7} R.$
$X = 79^\circ\ 30'\ 50''$
$Z = 100\ \ 29\ \ 10$
$\alpha = 46\ \ 3\ \ 0.$

$\frac{1}{2}(\frac{7}{8} a : b : b : \infty b) = \frac{7}{8} R.$
$X = 78^\circ\ 54'\ 52''$
$Z = 101\ \ 5\ \ 8$
$\alpha = 45\ \ 27\ \ 24.$

$\frac{1}{2}(\frac{19}{20} a : b : b \infty b) = \frac{19}{20} R.$
$X = 76^\circ\ 40'\ 6''$
$Z = 103\ \ 19\ \ 54$
$\alpha = 43\ \ 6\ \ 2.$

$o = \frac{1}{2}(a : b : b \infty b) = R.$
$X = 75^\circ\ 22'\ 30''$
$Z = 104\ \ 37\ \ 30$
$\alpha = 41\ \ 38\ \ 20.$

$e = \frac{1}{2}(\frac{6}{5} a : b : b \infty b) = \frac{6}{5} R.$
$X = 71^\circ\ 23'\ 55''$
$Z = 108\ \ 36\ \ 5$
$\alpha = 36\ \ 32\ \ 4.$

$\frac{1}{2}(\frac{11}{8} a : b : b \infty b) = \frac{11}{8} R.$
$X = 69^\circ\ 1'\ 10''$
$Z = 110\ \ 58\ \ 50$
$\alpha = 32\ \ 53\ \ 11.$

$\frac{1}{2}(\frac{7}{5} a : b : b \infty b) = \frac{7}{5} R.$
$X = 68^\circ\ 44'\ 20''$
$Z = 111\ \ 15\ \ 40$
$\alpha = 32\ \ 24\ \ 54.$

$\frac{1}{2}(\frac{3}{2} a : b : b \infty b) = \frac{3}{2} R.$
$X = 67^\circ\ 44'\ 6''$
$Z = 112\ \ 15\ \ 54$
$\alpha = 30\ \ 39\ \ 20.$

$\frac{1}{2}(\frac{8}{5} a : b : b : \infty b) = \frac{8}{5} R.$
$X = 66^\circ\ 53'\ 20''$
$Z = 113\ \ 6\ \ 40$
$\alpha = 29\ \ 3\ \ 33.$

$\frac{1}{2}(\frac{7}{4} a : b : b \infty b) = \frac{7}{4} R.$
$X = 65^\circ\ 51'\ 10''$
$Z = 114\ \ 8\ \ 50$
$\alpha = 26\ \ 55\ \ 56.$

$c = \frac{1}{2}(2a : b : b \infty b) = 2R.$
$X = 64^\circ\ 34'\ 18''$
$Z = 115\ \ 25\ \ 42$
$\alpha = 23\ \ 58\ \ 0.$

$\frac{1}{2}(\frac{27}{13} a : b : b \infty b) = \frac{27}{13} R.$
$X = 64^\circ\ 15'\ 36''$
$Z = 115\ \ 44\ \ 24$
$\alpha = 23\ \ 10\ \ 28.$

$f = \frac{1}{2}(\frac{11}{5} a : b : b : \propto b) = \frac{11}{5} R.$

$X = 63^\circ\ 49'\ 20''$
$Z = 116\ \ 10\ \ 40$
$\alpha = 22\ \ 0\ \ 16.$

$z = \frac{1}{2}(\frac{8}{11} a : b : 2b\ 2b) = \frac{1}{4}(\frac{8}{11} P2).$

$X = 89^\circ\ 56'\ 16''$
$Z = 90\ \ 3\ \ 44$
$\alpha = 54\ \ 41\ \ 6.$

$\frac{1}{2}(\frac{8}{9} a : b : 2b : 2b) = \frac{1}{4}(\frac{8}{9} P2).$

$X = 82^\circ\ 49'\ 35''$
$Z = 97\ \ 10\ \ 25.$
$\alpha = 49\ \ 6\ \ 44$

$v = \frac{1}{2}(\frac{6}{5} a : b : 2b : 2b) = \frac{1}{4}(\frac{6}{5} P2).$

$X = 74^\circ\ 27'\ 20''$
$Z = 105\ \ 32\ \ 40$
$\alpha = 40\ \ 32\ \ 50.$

$\frac{1}{2}(\frac{7}{5} a : b : 2b : 2b) = \frac{1}{4}(\frac{7}{5} P2).$

$X = 71^\circ\ 12'\ 4''$
$Z = 108\ \ 47\ \ 56$
$\alpha = 36\ \ 15\ \ 8.$

$\frac{1}{2}(\frac{3}{2} a : b : 2b : 2b) = \frac{1}{4}(\frac{3}{2} P2).$

$X = 69^\circ\ 57'\ 23''$
$Z = 110\ \ 2\ \ 37$
$\alpha = 34\ \ 23\ \ 15.$

$\frac{1}{2}(\frac{9}{5} a : b : 2b : 2b) = \frac{1}{4}(\frac{9}{5} P2).$

$X = 67^\circ\ 13'\ 14''$
$Z = 112\ \ 46\ \ 46$
$\alpha = 29\ \ 41\ \ 53.$

$\frac{1}{2}(\frac{27}{13} a : b : 2b : 2b) = \frac{1}{4}(\frac{27}{13} P2).$

$X = 65^\circ\ 33'\ 56''$
$Z = 114\ \ 26\ \ 4$
$\alpha = 26\ \ 18\ \ 10.$

$x = \frac{1}{2}(\frac{12}{5} a : b : 2b : 2b) = \frac{1}{4}(\frac{12}{5} P2).$

$X = 64^\circ\ 15'\ 13''$
$Z = 115\ \ 44\ \ 47$
$\alpha = 23\ \ 9\ \ 32.$

$\frac{1}{2}(\frac{13}{5} a : b : 2b : 2b) = \frac{1}{4}(\frac{13}{5} P2).$

$X = 63^\circ\ 39'\ 51''$
$Z = 116\ \ 20\ \ 9$
$\alpha = 21\ \ 32\ \ 48.$

Am Pennin.

$\frac{1}{2}(\frac{12}{5} a : b : b : \propto : b) = \frac{12}{5}$ R.

$X = 63^\circ\ 14'\ 26''$
$Z = 116\ \ 45\ \ 34$
$\alpha = 20\ \ 19\ \ 37.$

$\frac{1}{2}(\frac{14}{5} a : b : b \propto b) = \frac{14}{5} R.$

$X = 62^\circ\ 24'\ 40''$
$Z = 117\ \ 35\ \ 20$
$\alpha = 17\ \ 36\ \ 57.$

Am Kämmererit (Rhodochrom).

$\frac{1}{2}(\frac{9}{7} a : b : b : \infty b) = \frac{9}{7} R.$

$X = 70^\circ\ 8'\ 0''$
$Z = 109\ \ 52\ \ 0$
$\alpha = 34\ \ 39\ \ 50$

$r = \frac{1}{2}(\frac{23}{5} a : b : b : \infty b) = \frac{23}{5} R.$

$X = 60^\circ\ 54'\ 52''$
$Z = 119\ \ 5\ \ 8$
$\alpha = 10\ \ 56\ \ 21.$

$m = \frac{1}{2}(\frac{32}{5} a : b : b : \infty b) = \frac{32}{5} R.$

$X = 60^\circ\ 28'\ 32''$
$Z = 119\ \ 31\ \ 28$
$\alpha = 7\ \ 54\ \ 31.$

VI. *Ueber den Petalit und Spodumen;* von *C. Rammelsberg.*

Es ist gewifs eine bemerkenswerthe Erscheinung, dafs die Zusammensetzung des Petalits und Spodumens trotz mehrfacher Analysen bisjetzt noch zu keinen einfachen Ausdrücken geführt hat, da doch die Zahl ihrer Bestandtheile und die Schwierigkeit der Trennung derselben nicht grofs zu seyn scheint.

Näheren Anlafs zu vorliegenden Untersuchungen gab die interessante Beobachtung G. Rose's [1]), dafs das von Breithaupt mit dem Namen *Kastor* bezeichnete Mineral in den Spaltungsverhältnissen mit dem Petalit übereinstimmt, und sich beide nur durch das äufsere Ansehen, durch geringe Differenzen im specifischen Gewicht unterscheiden, während auch die chemische Zusammensetzung, abgesehen von dem fehlenden Natrongehalt im Kastor, sehr nahe dieselbe ist, wenigstens wenn man die procentischen Werthe ihrer Bestandtheile ins Auge fafst. G. Rose ist geneigt beide für isomorph zu halten, macht aber zugleich darauf aufmerksam, dafs eine neue vergleichende Analyse von ihnen wünschenswerth seyn möchte.

Ist auch die Analyse dieser lithionhaltigen Silikate mit keinen besonderen Schwierigkeiten verknüpft, so erfordert sie doch gewisse von den früheren Analytikern wohl nicht überall angewandte Vorsichtsmafsregeln, wenn das Resultat der Wahrheit möglichst nahe kommen soll. Insbesondere mache ich darauf aufmerksam, dafs bei der Scheidung der Thonerde vom Lithion leicht etwas Alkali im Niederschlage bleibt, was bei dem hohen Sauerstoffgehalt des Lithions von Einflufs auf die relative Menge der Basen seyn mufs.

Die weiter unten mitgetheilten Analysen beider Mineralien

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 162.

ralien wurden mittelst kohlensauren Natrons und Fluorwasserstoffsäure ausgeführt.

Das Zusammenschmelzen des feinen Mineralpulvers mit der vierfachen Menge reinen kohlensauren Natrons (durch Glühen von krystallisirtem Bicarbonat bereitet) geschah mittelst des Plattner'schen Gebläses. Die mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure zersetzte Masse wurde in einer Platinschale nur im Wasserbade zur Trockne verdunstet. Die auf gewöhnliche Art abgeschiedene Kieselsäure wurde über der Berzeliuslampe geglüht; ich habe die Beobachtung Scheerer's [1]), dafs sie starkes Glühen mittelst des Gebläses erforderte, um ein constantes Gewicht zu liefern, hier nicht bestätigt finden können. Die geglühte Kieselsäure, mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron und ein wenig Kalihydrat gekocht, hinterliefs immer einige Milligrammen Rückstand, der als unzersetztes Mineral betrachtet werden mufste. Die Thonerde wurde durch Ammoniak gefällt, von neuem in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, worauf zur Reduction des Eisenoxyds ein wenig schwefligsaures Kali hinzugefügt, und mit Kali gekocht wurde. Aus der Auflösung wurde dann die Thonerde nach Uebersättigen mit Chlorwasserstoffsäure durch Ammoniumsulfhydrat abgeschieden. Sie tritt dann nach dem Glühen nur einige Milligrammen an Wasser ab, enthält aber noch Kieselsäure, deren Menge bestimmt wurde, indem man sie mit wenig Wasser und Schwefelsäure erhitzte, wobei jene zurückblieb.

Bei der Zerlegung durch Fluorwasserstoffsäure wurde die Thonerde in ähnlicher Weise zuerst durch Ammoniak, und nach dem Wiederauflösen durch Ammoniumsulfhydrat abgeschieden, und dann erst vom Eisen getrennt. Die schwefelsauren Alkalien verwandelte man in Chlorüre und zog das Chlorlithium durch Behandlung mit 1 Th. absolutem Alkohol und 2 Th. Aether aus. In dem abgedampften Salze wurde die Menge des Chlors bestimmt, und fast genau so grofs gefunden, als die Rechnung verlangt. Die

1) Diese Ann. Bd. 84, S. 335.

in jener Mischung unlöslichen Chlorüre von Kalium und Natrium wurden auf die gewöhnliche Art getrennt, und das Natron zuletzt noch auf einen Rückhalt an Erden geprüft.

I. Spodumen.

Zur Analyse diente zunächst die Varietät von Utö, so wie ferner eine von Prof. Breithaupt mitgetheilte aus Tyrol (Sterzing oder Lisens), beide von bekanntem Vorkommen.

Das specifische Gewicht, an grobem Pulver bestimmt, fand sich:

Utö = 3,1327
Tyrol = 3,137.

a. Spodumen von Utö.

	1. Mit kohlens. Natron.	2. Mit Fluorwasserstoffsäure.	3 (lebhaft grün gefärbt). Mit Fluorwasserstoffsäure.
Kieselsäure	65,02		
Thonerde	27,70	29,47	30,26
Eisenoxydul	Spur	Spur	Spur
Kalkerde	0,80	0,20	nicht bestimmt
Talkerde	0,15	Spur	nicht bestimmt
Lithion		5,50	5,35
Natron		0,56 (Natron und Kali)	0,51
Kali			0,14

b. Spodumen aus Tyrol.

	1. Mit kohlens. Natron.	2. Mit kohlens. Natron.	3. Mit Fluorwasserstoffs.
Kieselsäure	nicht best.	65,53	
Thonerde	27,91	29,97	29,25
Eisenoxydul	nicht best.	1,40	1,45
Kalkerde	0,84	0,87	1,07
Talkerde	0,09	0,06	0,06
Lithion			4,49
Natron			0,07
Kali			0,07

Die Mittel dieser Versuche sind demnach:

	Utö.		Sauerstoff.	Tyrol.		Sauerst.
Kieselsäure	65,02		33,78	65,53		34,05
Thonerde	29,14		13,61	29,04		13,56
Eisenoxydul	Spur			1,42	0,31	
Kalkerde	0,50	0,14		0,97	0,26	
Talkerde	0,15	0,06		0,07	0,03	
Lithion	5,47	3,00	3,33	4,49	2,46	3,09
Natron	0,46	0,11		0,07	0,02	
Kali	0,14	0,02		0,07	0,01	
	100,88.			101,61 [1]).		

Die grüne Färbung des Spodumens hat mich veranlafst, das Eisen als Oxydul anzunehmen.

Das Sauerstoffverhältnifs der Monoxyde, der Thonerde und der Kieselsäure ist daher in

a. $= 1 : 4,0 : 10,1$
b. $= 1 : 4,4 : 11,0.$

Man kann aus vorstehenden Analysen nicht wohl ein anderes Verhältnifs als 1 : 4 : 10 ableiten, und diefs führt zu der Formel

$$\dot{R}^3 \dddot{Si}^2 + 4 \dddot{Al} \dddot{Si}^2,$$

welche der Spodumen mithin als eine Verbindung von *Bisilikaten* erscheinen läfst [2]).

Etwas anders und viel weniger einfach waren die früher gegebenen Formeln.

Hagen, welcher den Spodumen von Utö allein vollständig untersuchte [3]), und darin das Natron auffand, trennte dasselbe nicht vom Lithion, sondern bestimmte die Schwefelsäure in den schwefelsauren Alkalien, und berechnete

1) Hagen fand in dem Sp. aus Tyrol (Ratschinges) 66,027 Proc. Kieselsäure und 26,451 Proc. Thonerde und Eisenoxyd. Letztere Zahl ist wohl zu niedrig.

2) Dieselbe Formel hat früher schon v. Kobell angenommen, ehe das Natron im Mineral bekannt war.

3) Diese Ann. Bd. 48, S. 369.

daraus die Mengen beider, was bekanntlich kein sehr genaues Resultat liefert. Das Mittel seiner Bestimmungen ist:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	65,022		33,79
Thonerde	26,837		12,53
Eisenoxydul	0,860	0,19	
Lithion	3,836	2,13	3,00
Natron	2,683	0,68	
	99,238.		

Hier herrscht das Sauerstoffverhältnifs von 1 : 4,18 : 11,26. Hagen hat 1 : $4\frac{1}{2}$: 12 statt dessen angenommen; seine Formel $\dot{Na}\ddot{Si} + 3\dot{Li}\ddot{Si} + 6\dddot{Al}\dddot{Si}^2$ mufs man aber $2\dot{R}\ddot{Si} + 3\ddot{Al}\ddot{Si}^2$ schreiben.

Berzelius nahm dagegen 1 : 4 : 12 an, und gab dem Spodumen die Formel $\dot{R}^3\ddot{Si}^4 + 4\ddot{Al}\ddot{Si}^2$.

Man sieht, dafs Hagen's Analysen fast zu demselben Resultat wie die meinigen geführt, und nur eine andere Deutung erhalten haben.

Hagen hat in dem Spodumen von Sterling (Massachusets) in den Vereinigten Staaten die Alkalien nicht bestimmt; er fand 65,247 Proc. Kieselsäure und 27,556 Proc. Thonerde.

Nun erschien vor einiger Zeit eine Untersuchung des amerikanischen Spodumens durch G. Brush [1]). Sie betrifft die Varietäten von Norwich und Sterling in Massachusets; die Alkalien wurden als schwefelsaure Salze bestimmt, (d. h. also nicht getrennt, sondern nur, wie es von Hagen geschah, ihrer Menge nach berechnet). Die Mittel von je zwei Analysen sind:

	Norwich.			Sterling.		
			Sauerstoff.			Sauerstoff.
Kieselsäure	62,89 [2])		32,67	62,76		32,61
Thonerde	28,42		13,28	29,33		13,75
Kalkerde	1,04	0,29		0,63	0,18	
Lithion	5,67	3,12	4,06	6,48	3,56	4,19
Natron	2,51	0,65		1,76	0,45	
	100,53.			100,96.		

1) *Am. Journ. of. Sc. II. Ser. X.* 370.
2) A. a. O. steht irrthümlich 62,39.

Auffallend ist hier der geringere Säuregehalt, da doch nach Hagen die zweite Varietät in dieser Beziehung ganz mit dem europäischen Spodumen übereinstimmt; nur Stromeyer fand in dem von Utö gleichfalls 63,3 Proc. Kieselsäure, alle übrigen Untersucher, Arfvedson, Regnault, Hagen und ich hingegen 65 bis 66 Proc.

Andererseits ist die Menge der Alkalien gröfser, als Hagen und ich sie fanden; die Richtigkeit der Zahlen dürfte wohl zu bezweifeln seyn, da Lithion und Natron nicht getrennt wurden.

Das mittlere Sauerstoffverhältnifs ist hier $= 1:3,27:7,92$ $= 0,92:3:7,27$. Brush hat es $= 1:3:8$ angenommen, und dadurch den dem Leucit conformen Ausdruck

$$\dot{R}^3 \dddot{Si}^2 + 3 \dddot{Al} \dddot{Si}^2$$

gewonnen, welcher 1 At. des zweiten Gliedes weniger enthält als der von mir gefundene.

Nach Brush ist das spec. Gew. des Spodumens von Norwich $= 3,18$.

Schon früher hatte Bowen in dem Spodumen von Conway, Massachusets, 65,3 Proc. Kieselsäure, jedoch nur 24,5 Proc. Thonerde gefunden [1]). Hiernach stimmt also der amerikanische Spodumen wenigstens im Säuregehalt mit dem europäischen überein.

Bis sich Gelegenheit findet, den ersteren zu untersuchen, möchte die von mir gegebene Formel, der die gröfsere Zahl von Analysen zur Seite steht, als die wahrscheinlichste angenommen werden.

Deutliche Krystalle von Spodumen waren bisher nicht bekannt; er kommt gewöhnlich in derben Massen vor, mit drei Spaltungsrichtungen, von denen sich zwei unter Winkeln von $93\frac{1}{2}°$ und $86\frac{1}{2}°$ schneiden, eine anderen der kürzeren Diagonale des dadurch gebildeten rhombischen Prismas parallel geht. Dana, Hartwell und Hitchcock haben neuerlich Spodumenkrystalle von Norwich, Massachusets beschrieben, *welche die Form des Augits haben* [2]).

1) *Amer. Journ. of Sc.* 1824, *VIII.* 120.

2) *Syst. of Min. III. Edit. p.* 693, und *Amer. Journ. of. Sc. II. Ser. X. p.* 119, 264, (1850).

Fig. 3 Taf. IV. giebt die Abbildung eines solchen Krystalls und Fig. 4 seine Horizontalprojection. In der horizontalen Zone läfst sich die Fläche b^3 nur auf einer Seite beobachten. Oben (durch die punktirten Kanten angedeutet) ist er theilweise verbrochen, und ebenso ist die Richtung der Kante zwischen o' und o'' nicht deutlich. Die übrigen Flächen glatt, obwohl nicht glänzend. Er besitzt die gewöhnliche Spaltbarkeit, am vollkommensten nach *M*, kaum weniger nach *N*. Die Oberfläche von *M* ist sehr fein gestreift in der durch die punktirte Linie bezeichneten Richtung, welche der Kante zwischen *a* und *M* entspricht, und in welcher gleichfalls deutliche Spuren von Spaltbarkeit gefunden wurden.

Die Messungen, die nur approximativ seyn konnten, zeigen in der That meistentheils nahe Uebereinstimmung mit den entsprechenden Winkeln des Augits, wie folgende Uebersicht zeigt, wo die Augitflächen mit den üblichen Buchstaben [1]) bezeichnet sind.

Augit.	Spodumen.
$M:M = 87^\circ\ 6'$	$N:N = 87^\circ$
$M:r = 133\ \ 33$	$N:M = 133$ bis $133^\circ\ 30'$
$M:l = 136\ \ 27$	$N:b = 137$ bis $136\ \ 30$
$r:l = 90\ \ 0$	$M:b = 90$
$r:t = 74\ \ 1$	$P:M = 69\ \ 40'$
$s:s = 120\ \ 38$	$a:a = 117$
$s:r = 103\ \ 20$	$a:M = 100\ \ 30$
$z:z = 80\ \ 28$	$t^2:t^2 = 79\ \ 30$
$z:l = 139\ \ 56$	$t^2:b = 139\ \ 45$ bis 140
$o:o = 95\ \ 36$	$a^2:a^2$
$o:r = 118\ \ 24$	$a^2:M = 116.$

Die Fläche b^3 neigt sich gegen *N* unter $153-154^\circ$ und gegen *M* unter 107°. Eine solche ist beim Augit noch nicht beobachtet. Doch ist es wohl unzweifelhaft, dafs sie $= a : \frac{1}{3} b : \infty c$ ist, da sie dann gegen *N* unter $153^\circ\ 24'$ und gegen *M* unter $106^\circ\ 57'$ geneigt seyn müfste.

1) Vergl. z. B. Naumann's Elemente der Min. 2. Aufl. S. 354.

Abgesehen von den Differenzen der Neigung $P:M$ und $a:a$, die wohl von der Unvollkommenheit der Messungen herrühren, stimmen also die Flächen mit denen des Augits überein, und es ist:

Augit.	Spodumen.
M	$N = a : b : \infty c$
r	$M = a : \infty b : \infty c$
l	$b = b : \infty a : \infty c$
t	$P = c : \infty a : \infty b$
s	$a = a' : b : c$
z	$t^2 = b : 2c : \infty a$
o	$a^2 = a' : b : 2c$
	$b^3 = a : \frac{1}{3} b : \infty c.$

Die Flächen o' und o'' sind nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Wenn o' aufser a und M, auch noch mit a^2 und N in eine Zone fiele, so wäre sie $= \frac{1}{3} a' : b : c$. Dana und Hartwell haben $o' : M = 127°$ gefunden; allein die Rechnung erforderte unter jener Annahme 140° 18'. Dagegen ist $o'' : M = 140°$ gemessen, und eine Verwechslung beider hier vielleicht eingetreten.

Andere Krystalle hatten P, o' und o'' nicht, noch andere zeigten in der Endigung nur t^2 und a^2. Sie sind von beträchtlicher Gröfse (bis $11\frac{1}{2}''$ lang und etwa halb so dick), grünlich grau oder bläulich gefärbt, an den Kanten durchscheinend.

Die Isomorphie von Augit und Spodumen ist wiederum einer jener zahlreichen Fälle von gleicher Form bei ungleicher Constitution. Allerdings bestehen beide Mineralien nur aus Bisilicaten, doch müfste man annehmen, dafs $\dot{R}^3 \dddot{Si}^2$ isomorph wäre mit $\dddot{Al} \dddot{Si}^2$, wenn die Constitution beider analog seyn sollte, wozu indessen die bekannten Thatsachen nicht führen. Jedenfalls ist die Constitution eine *ähnliche*. Berechnet man das Atomgewicht des Spodumens mit Weglassung des Natrons, von dem höchstens 1 At. auf 27 At. Lithion kommt, so erhält man

10 At.	Kieselsäure	5778,10	64,95
4 »	Thonerde	2569,32	28,91
3 »	Lithion	546,09	6,14
		8888,51.	100.

Ist das specifische Gewicht = 3,13, so ist das Atomvolum = 2840.

Dana hat gefunden, dafs das Atomvolum isomorpher Körper sich der Gleichheit weit mehr nähert, wenn man es durch die Anzahl der Elementaratome der Verbindung dividirt [1]).

Nun ist das Atomgewicht des Kalk-Talk-Augits (Diopsids) = 2043,74, das spec. Gew. = 3,28, das Atomvolum mithin = 623. Die Zahl der Elementaratome in $\dot{C}a^3 \dddot{S}i^2 + \dot{M}g^3 \dddot{S}i^2$ beträgt 28, so dafs $\frac{623}{28} = 22$.

Beim Spodumen ist die Zahl der Atome = 64, oder wenn man in der Thonerde 1 Atom = 1 Aequiv. Aluminium annimmt, nur 60; das reducirte Atomvolum ist mithin = 47 oder 44, und letztere Zahl ist genau die Doppelte von der des Augits.

II. Petalit.

Zur Untersuchung diente der blafsröthliche Petalit von Utö, dessen spec. Gew. sich in zwei Versuchen = 2,447 und 2,455 ergab.

Die Analysen *a*, *b* und *c* wurden mittelst kohlensauren Natrons, *d* und *e* mittelst Fluorwasserstoffsäure ausgeführt.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*
Kieselsäure	77,90	77,60	77,88		
Thonerde	19,63			17,90	18,20
Lithion				3,16	3,44
Natron mit Spuren von Kali				0,91	1,48

woraus das Mittel ist:

1) *Amer. Journ. of Sc. II. Ser. IX.* Auch im Journ. f. prakt. Chemie Bd. 54, S. 115.

			Sauerstoff.
Kieselsäure	77,79		40,42
Thonerde	18,58		8,67
Lithion	3,30	1,81	2,11
Natron	1,19	0,30	
	100,86.		

Das Sauerstoffverhältnifs der Alkalien, der Thonerde und der Säure ist hier = 1 : 4,1 : 19,1 = 0,95 : 3,86 : 18. Nimmt man mit Rücksicht darauf, dafs besonders bei den Alkalien ein geringer Verlust unvermeidlich ist, das Verhältnifs = 1 : 4 : 18, so erhält der Petalit den Ausdruck

$$3\dot{R}\dddot{S}i^2 + 4\dddot{Al}\dddot{S}i^3.$$

Es könnte scheinen, als wäre das Verhältnifs 1 : 4 : 20 und die daraus abgeleitete Formel

$$\dot{R}^3\dddot{S}i^4 + 4\dddot{Al}\dddot{S}i^4$$

vorzuziehen, theils weil dann der Petalit gerade doppelt so viel Säure enthält als der Spodumen, theils weil dann beide Glieder der Formel gleiche Sättigungsstufen bilden. Allein schwerlich kann die Analyse einen Ueberschufs von Basen ergeben, und überdiefs ist ein Silicat mit dem Sauerstoffverhältnifs 1 : 4 in der Reihe der Sättigungsstufen weniger annehmbar als solche mit 1 : 3 und 1 : 6, wenigstens bei der Annahme von 3 At. Sauerstoff in der Kieselsäure.

Wenn, den mitgetheilten Analysen zufolge, auf 1 At. Natron 6 At. Lithion kommen, so würde die berechnete Zusammensetzung des Petalits seyn

	$3\dot{R}\dddot{S}i^2 + 4\dddot{Al}\dddot{S}i^3$			$\dot{R}^3\dddot{S}i^4 + 4\dddot{Al}\dddot{S}i^4$		
Sauerstoff	= 1 : 4 : 18			= 1 : 4 : 20		
Kieselsäure	18 At. =	10391,58	76,43	20 At. =	11546,20	78,27
Thonerde	4 » =	2569,32	18,90	4 » =	2569,32	17,42
Lithion	$\frac{18}{7}$ » =	468,08	3,44	$\frac{18}{7}$ » =	468,08	3,17
Natron	$\frac{3}{7}$ » =	167,53	1,23	$\frac{3}{7}$ » =	167,53	1,14
		13596,51.	100.		14751,13.	100.

Hagen erhielt bei seinen Analysen des Petalits von Utö folgende Zahlen [1]):

1) Diese Ann. Bd. 48, S. 362.

	a.	b.	c.	Mittel.
Kieselsäure	77,222			77,22
Thonerde	17,216	17,195	18,000	17,47
Lithion		2,692	2,660	2,67
Natron		2,302	2,273	2,29
				99,65.

Hagen hatte das Sauerstoffverhältniſs = 1 : 3¾ : 19 angenommen, und die Formel $4\dot{R}^3\dddot{Si}^4 + 15\ddot{Al}\dddot{Si}^4$ oder eigentlich $\dot{Na}^3\dddot{Si}^4 + 3\dot{Li}^3\dddot{Si}^4 + 15\ddot{Al}\dddot{Si}^4$ gegeben, welche Berzelius in die oben angeführte zweite Formel mit dem Sauerstoffverhältniſs von 1 : 4 : 20 verwandelt hat. Da die Alkalien nicht direct getrennt wurden, so mag auch hier die Menge des Lithions zu gering gefunden seyn. Die Kieselsäure, der wohl am genauesten bestimmbare Bestandtheil des Ganzen, liegt bei Hagen wie bei mir zwischen dem der beiden Formeln. Die analytischen Methoden gewähren aber keine vollständige Sicherheit der Bestimmung bei derartigen alkaliarmen Silicaten, bei denen kleine Unterschiede schon die Formel ändern. Wenn ich der ersten den Vorzug gebe, so möchte ich darum doch nicht ihre unbedingte Richtigkeit zugestehen.

Dieser Umstand tritt ebenfalls bei einem Vergleich mit dem *Kastor* hervor, welcher nach Plattner kein Natron enthält, aber nach Demselben eine andere Zusammensetzung wie der Petalit hat, indem sein Sauerstoffverhältniſs = 1 : 6 : 27, und demzufolge seine Formel = $\dot{Li}\dddot{Si}^3 + 2\ddot{Al}\dddot{Si}^3$ ist. Trotzdem sind die Differenzen im Kieselsäure- und Thonerdegehalt bei beiden nicht gröſser wie bei verschiedenen Analysen des nämlichen Minerals, da

	Petalit.	Kastor.
Kieselsäure	77,79	78,01
Thonerde	18,58	18,85
Lithion	3,30	2,76
Natron	1,19.	

Da man keinen Grund hat, an der Richtigkeit der Analyse des Kastors zu zweifeln, so müssen für jetzt Pe-

talit und Kastor für verschiedene Verbindungen gehalten werden.

Vor dem Löthrohr färbt der Petalit ganz deutlich die Flamme durch Lithiongehalt, wenn auch mehr als der Spodumen, der sich ebenso verhält, wobei die Natronfärbung hervortritt.

VII. *Ueber die Thorerde und die Donarerde.*

I. Auszug eines Schreibens des Hrn. A. Damour in Paris vom 26. März d. J. an Hrn. H. Rose.

Die Beschreibung der Eigenschaften des Metalls Donarium, welches in einem Minerale von Brevig, dem sogenannten Orangit enthalten ist, und die seines Oxyds, hatten in mir einige Zweifel über die wirkliche Natur derselben erregt. Ich habe deshalb etwas Orangit einer chemischen Untersuchung und darauf einer quantitativen Analyse unterworfen, wodurch ich die Gewifsheit erlangt habe, dafs das neue Metall weiter nichts als unreines Thorium, und dafs das Mineral, aus welchem es dargestellt worden ist, identisch mit dem Thorit ist. Der Orangit unterscheidet sich in der That von dem Thorit nur durch seine minder dunkle und durch seine oraniengelbe Farbe. Wie dieser enthält er auch kleine Mengen von den Oxyden des Bleies, des Eisens, des Mangans, des Urans u. s. w.

Ich kann um so weniger Zweifel über die Aechtheit des Minerals, welches ich analysirt habe, hegen, da ich dasselbe von Hrn. Krantz selbst sehr theuer erkauft habe (18 Francs für das Quentchen). Die Stücke sind von einer schönen oraniengelben Farbe, von einem spec. Gew. von 5,19, und nach verschiedenen Richtungen spaltbar. Sie gelatiniren mit Säuren, und enthalten ungefähr 18 Proc. Kieselsäure. Die Thorerde, welche ich daraus dargestellt

habe, ist von vollkommen weifser Farbe; sie zeigt alle Charaktere, die Berzelius angegeben hat. Was Hrn. Bergemann zu dem Irrthum veranlafst hat, ist, wie ich mit Sicherheit vermuthe, dafs er die Erde aus dem Orangit nicht gehörig gereinigt, und sie nicht vollkommen von den Oxyden des Bleies, des Mangans, des Eisens, des Urans und der Kalkerde getrennt hat.

II. Auszug eines Schreibens des Hrn. N. J. Berlin, Prof. der Chemie an der Universität zu Lund, vom 4. April d. J., an Hrn. H. Rose.

Schon vor einem Jahre, also früher als die Entdeckung des Donariums bekannt war, hatte ich eine qualitative Analyse des sogenannten Orangits aus Biörno bei Brevig angestellt, und glaubte demzufolge das darin befindliche Oxyd als Thorerde erkannt zu haben. Als ich die Angabe des Hrn. Bergemann in Bonn über das Donariumoxyd erfuhr, und eine etwas gröfsere Quantität (etwa 2 Grammen) des seltenen Minerals aus Norwegen erhielt, habe ich eine neue Untersuchung angestellt, und dabei gefunden, dafs das Donariumoxyd nichts anders ist, als Thorerde, verunreinigt durch kleine Mengen von Uranoxyd, Eisenoxyd, Vanadinsäure und vielleicht auch Molybdänsäure.

Der nach Abscheidung der Kieselsäure in der Auflösung des Orangits durch Ammoniak bewirkte Niederschlag besitzt in der That die Eigenschaften und Reactionen, welche Bergemann angiebt. Wenn man aber diese Auflösung mit einer heifsen, gesättigten Auflösung von schwefelsaurem Kali vermischt, so kann man aus dem dabei entstandenen Niederschlag ein, auch nach dem Glühen, ganz weifses Oxyd darstellen, welches sich anders verhält. Aus der von dem durch schwefelsaures Kali bewirkten Niederschlage abfiltrirten Flüssigkeit können durch geeignete Behandlung mit Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium kleine Quantitäten von Zinn, Uran, Eisen und Vanadin abgeschieden werden.

Dafs so dargestellte weifse Oxyd besitzt alle Reactionen der Thorerde. Zur gröfseren Sicherheit habe ich zwei

Salze derselben, nämlich das durch Kochen gefällte schwefelsaure und das oxalsaure, analysirt. Die durch Kochen der Auflösung dargestellte schwefelsaure Thorerde ist nach Berzelius $\dot{Th}\dddot{S} + 2\dot{H}$ und enthält demnach 53,76 Proc. Thorerde. Von dem von mir auf diese Weise dargestellten Salze gaben 0,802 Grm. (über Schwefelsäure getrocknet) nach starkem Glühen 0,4315 Grm. Rückstand, was 53,8 Proc. entspricht. Das durch Fällung mit Oxalsäure bereitete oxalsaure Salz, bei 100° C. getrocknet, lieferte in zwei Versuchen 59,44 und 59,41 Proc. geglühten Rückstand. Nach der Formel $\dot{Th}\dddot{\bar{C}} + \dot{H}$ würde der Rückstand 60,0 Proc. betragen haben.

Die Analyse des Orangits gab ziemlich dasselbe quantitative Resultat, welches Bergemann erhielt. Bergemann hatte gefunden:

Kieselsäure	18,50
Oxyd	74,33
Wasser	7,17
	100,00.

Ich fand

		Sauerstoff.
Kieselsäure	17,78	9,23
Thorerde	73,29	8,69
Kalkerde	0,92	
Oxyde von Uran, Eisen, Zinn und Vanadin	0,96	
Glühverlust (Wasser)	7,12	6,23.

Wenn man für die Kalkerde u. s. w. eine hinlängliche Menge von Kieselsäure abrechnet und das Flüchtige für Wasser hält, so entspricht diese Analyse recht gut der Formel $\dot{Th}^3\dddot{S} + 2\dot{H}$. Der Orangit wäre demnach Thorit, weniger einem Atom Wasser. Da aber bei der Berechnung der Formel des Thorits die für die übrigen in diesem Minerale vorkommenden Silicate abgezogene Wassermenge ziemlich willkürlich bestimmt ist, so wäre es wohl möglich, dafs die in dem Thorit enthaltene kieselsaure

Thorerde nur zwei Atome Wasser enthielt, und dafs also der Orangit nur eine reinere Art Thorit sey. Leider habe ich es versäumt, das spec. Gewicht des Orangits zu bestimmen, bevor ich das Mineral analysirte.

Noch mufs ich eine Bemerkung über die Thorerde hinzufügen. Es wird angegeben, dafs die Thorerde nach dem Glühen in Säuren völlig unlöslich sey. Diefs ist in der That wahr, was die Erde betrifft, die durchs Glühen des Hydrats erhalten worden ist. Diejenige Erde aber, welche durchs Glühen des oxalsauren Salzes dargestellt ist, und welche einen hohen Grad von Zertheilung besitzt, löst sich allmälig in concentrirter Chlorwasserstoffsäure auf, wenn sie lange damit digerirt wird, und kann aus der Auflösung mit ihrem charakteristischen Eigenschaften wieder niedergeschlagen werden.

VIII. *Ueber die Thorerde und die Donarerde; von Prof. Bergemann.*

(Aus einer brieflichen Mittheilung an den Herausgeber.)

Bonn, den 10. April.

Bei der Aehnlichkeit, welche die Donarerde mit der Zirkon- und Thorerde besitzt, mufste ich meine Untersuchungen auch auf diese Oxyde ausdehnen, was leider bei der grofsen Seltenheit des Vorkommens, namentlich thorerdehaltiger Mineralien, so sehr erschwert wird. Ich war vergeblich bemüht Donarerde in verschiedenen, wie es mir schien dem Orangit nahestehenden Massen aus dem Zirkonsyenit aufzufinden und konnte daher leider nur einige wenig entscheidende Versuche mit dem mir zu Gebote stehenden Abfällen des Minerals bisjetzt anstellen. Diese Versuche reichen jedoch hin, eine nahe Beziehung der Donarerde, vielleicht Identität, mit der Thorerde darzuthun, ferner den Beweis zu liefern, dafs die Eigenschaften dieser

beiden Oxyde noch sehr wenig erforscht sind und einer umfassenderen Bearbeitung bedürfen. Ich erlaube mir schon heute Ihnen die Resultate einiger Versuche kurz mitzutheilen, da dieselben, wie mir scheint, nicht ohne Interesse sind; eine vollständige Arbeit über den Gegenstand gedenke ich Ihnen später zu senden.

Da es bei der Untersuchung des Orangits wohl öfter vorkommen wird, dafs das für die Ausführung einer Analyse bestimmte Material aus Abfällen des Minerals ausgesucht werden mufs, indem reine Bruchstücke oder Krystalle wohl selten für diesen Zweck geopfert werden, so mufs man fremde Beimischungen hier besonders berücksichtigen. Es finden sich namentlich Stäubchen einer Bleiverbindung von ähnlichem Ansehen der Masse beigemengt. Die Auflösung des Minerals ist daher in einer besonderen Probe immer nach Abscheidung der Kieselsäure zunächst mit Schwefelwasserstoff zu behandeln und genauer auf fremdartige Theile zu untersuchen. Auch Uran ist in dem Mineral enthalten; es bedingt aber nicht die rothe Farbe der Erde. Wenn ich auch jetzt nicht mehr im Stande bin angeben zu können, welche von den von mir beschriebenen Versuchen mit vollkommen uranfreien Oxyden angestellt waren, so kann das doch nur bei sehr wenigen der Fall gewesen seyn, da die Erde, so wie ich sie für diesen Zweck benutzte, aus dem schwefelsauren Doppelsalz mit Kali dargestellt war.

Der Orangit unterscheidet sich vom Thorit nicht allein durch seine Farbe und sein specifisches Gewicht, ersterer = 5,397, dieser = 4,63, sondern besitzt häufig einen deutlichen Blätterdurchgang und kommt selbst in vollkommen ausgebildeten Quadrat-Octaëdern vor, während dagegen der Thorit nichts Krystallinisches zeigt. Die kleinsten Stückchen Orangit, in die Flamme der Weingeistlampe gebracht, decrepitiren, indem die einzelnen abspringenden Stäubchen verglimmen. Der Thorit decrepitirt nicht und nimmt nach dem Glühen eine gelbe Farbe an. Indessen kann das Pulver desselben, wie ich gefunden habe, auch zum Verglimmen

gebracht werden, wenn es nur recht fein ist; es kann selbst vorher in einer Glasröhre stark erhitzt gewesen seyn. Beide geben beim Erhitzen Wasser.

Nach der Publication meiner Untersuchung des Orangits habe ich eine Analyse des Thorits ausgeführt, um mir reine Thorerde zu verschaffen, und um diese mit der Donarerde vergleichen zu können. Das dazu gewählte Mineral war von schwarzer Farbe, fast glasiger Beschaffenheit und besafs ein specifisches Gewicht von 4,686. Für die Untersuchung wurde ganz der Weg eingeschlagen, wie er von Berzelius gewählt worden ist. Die Resultate meiner Untersuchung sind

Kieselsäure	19,215	Proc.
Thorerde	56,997	
Wasser	9,174	

Die sonst noch im Thorit enthaltenen Stoffe habe ich quantitativ nicht bestimmt, mich aber von der Gegenwart nicht unbedeutender Mengen von Eisen, Mangan, Kalk sowie von Spuren von Blei, Uran, Zinn überzeugt.

Die Thorerde wurde nach der Trennung der Kieselsäure und nach Beseitigung der durch Schwefelwasserstoff fällbaren Metalle aus der chlorwasserstoffsauren Auflösung in folgender Weise dargestellt. Die Auflösung wurde mit Ammoniak behandelt, wodurch Thorerde, Eisen, Uran u. s. w. gefällt, dagegen der Kalk beseitigt wurde. Der ausgesüfste Niederschlag wurde wieder in Chlorwasserstoffsäure gelöst, die Auflösung neutral gemacht und darauf concentrirt. Zu dieser Auflösung wurde eine in der Siedhitze bereitete gesättigte Solution von schwefelsaurem Kali gesetzt. Der Niederschlag von schwefelsaurem Thorerdekali entstand augenblicklich, er wurde nach Verlauf von mehreren Stunden abfiltrirt und das Filtrat zur qualitativen Bestimmung von Eisen, Uran u. s. w. benutzt. Das Auswaschen des schwefelsauren Doppelsalzes geschah mit einer concentrirten Auflösung von reinem-schwefelsauren Kali und wurde sehr lange Zeit fortgesetzt. Ich habe mich mit aller Sicherheit davon überzeugt, dafs das hin-

hinterbleibende Salz vollkommen rein war und keine Spur von einem metallischen Körper desselben verunreinigte. Das Doppelsalz wurde darauf mit kochendem Wasser behandelt, um es zur Auflösung zu bringen; was aber doch nur sehr langsam geschah, wenn dem Wasser nicht einige Tropfen Chlorwasserstoffsäure beigesetzt wurden. Aus dieser Auflösung ward nun die Thorerde durch Kali gefällt und nach vollständigem Aussüfsen getrocknet und geglüht. Die so bereitete Erde hatte eine schwach gelbliche Farbe, was nach Berzelius von einer Spur Mangan herrührt. Es wollte mir jedoch nicht gelingen, dieses mit Sicherheit durch Hülfe des Löthrohrs in dem Oxyde zu entdecken. Die Auflösung dieses für ganz reine Thorerde gehaltenen Oxyds wollte ich nun zur Ausführung der vergleichenden Versuche benutzen, überzeugte mich aber bei der weiteren Prüfung, dafs in der angegebenen Weise reine Thorerde nicht zu erhalten ist, und die dafür angesehene Masse eine Verbindung derselben mit Kali darstellt.

Ich hatte bei den Versuchen, welche ich mit dem Donaroxyde anstellte, bemerkt, dafs der durch Kali in den Auflösungen hervorgebrachte Niederschlag sich nur sehr schwer aussüfsen läfst, und daher vermuthete ich, dafs leicht ein wenig Kali in demselben zurückbleiben könne. Dennoch wählte ich zur Fällung gewöhnlich Ammoniak, um die auch von diesem nach dem Aussüfsen hinterbleibenden Theile durch das spätere Ausglühen zu verjagen. Ebenso kann ferner aus dem durch Kochen aus einer Auflösung in kohlensaurem Ammmoniak gefällten Donaroxyde, selbst nach scharfem Austrocknen, Ammoniak wieder entwickelt werden. Bei der grofsen Aehnlichkeit zwischen Donarerde und Thorerde mufste der Gedanke nahe liegen, dafs auch von dieser Kali so hartnäckig zurückgehalten werden könne, zumal da die Farbe des durch Kali erzeugten Niederschlages der ersteren bedeutend lichter ausfiel, als bei dem durch Ammoniak dargestellten Oxyde. Um weiteren Aufschlufs über diese Verhältnisse zu erhalten und um zu

sehen, ob die nach der angegebenen Methode dargestellte Thorerde wirklich rein wäre, wurde die stark ausgeglühte Erde längere Zeit mit concentrirter Chlorwasserstoffsäure digerirt, wodurch sich aber nur Spuren der Masse lösen lieſsen und eine Veränderung in der Farbe der darauf abfiltrirten ausgesüſsten und wieder scharf erhitzten Erde nicht eintrat. In der abfiltrirten Flüssigkeit konnte ich nur Spuren von Thorerde entdecken. Ich digerirte darauf die Thorerde mit concentrirter Schwefelsäure, dampfte die überschüssige Schwefelsäure gröſstentheils ab und löste das hinterbleibende Salz in kaltem Wasser. Die Auflösung wurde in drei Portionen getheilt; aus der einen wurde die Thorerde wieder durch Kali, aus der zweiten dagegen durch Ammoniak gefällt, während die dritte zur Trockne verdampft und der Rückstand zur Entfernung der Schwefelsäure geglüht wurde. Die durch Ammoniak und Kali erzeugten Niederschläge waren von blendend weiſser Farbe und wurden beide lange Zeit durch kochendes Wasser ausgesüſst. Beim Eintrocknen der Massen trat aber schon eine Veränderung der Farbe ein, indem das durch Ammoniak gefällte Oxyd sich röthlich färbte, und nach dem Ausglühen nahm dasselbe eine ziegelrothe Farbe an. Ich untersuchte diese rothe Thorerde näher, fand sie aber frei von jeder Verunreinigung. Die bei dem Aussüſsen erhaltene Flüssigkeit wurde zur Trockne eingedampft und das Ammoniaksalz durch starkes Glühen entfernt. Es hinterblieb aber hierbei ein Rückstand, der sich durch schwefelsaures Kali zu erkennen gab. Das durch Kali gefällte Oxyd dagegen hatte nach dem Ausglühen wieder die gelbliche Farbe, wie die Erde sie vor dem Wiederauflösen in Schwefelsäure besessen hatte. Das durch starke Glühhitze zerstörte schwefelsaure Salz zeigte ebenfalls die gewöhnliche Beschaffenheit. Müssen wir nach diesen Versuchen nicht annehmen, daſs die für reine Thorerde gehaltene Masse, wenn dieselbe durch Zerlegung des schwefelsauren Doppelsalzes mit Kali dargestellt worden ist, eine Vereinigung derselben mit Kali bilde, und daſs die eigentliche Farbe

des Thoroxydes, so wie ich sie beim Donaroxyde beschrieben habe, die rothe sey, wodurch eine Hauptverschiedenheit zwischen Thor- und Donarerde wegfallen würde? Das schwefelsaure Doppelsalz der Thorerde ist übrigens durch Ammoniak eben so leicht zu zerlegen, wie durch Kali. Das Verhalten der Auflösung dieser Masse gegen die meisten Reagentien ist mit dem von mir beschriebenen ganz übereinstimmend. Die Farbe des Oxyds ist roth, es besitzt eine grofse Härte; wird es sehr fein gepulvert, so nimmt es ein gelbliches Ansehen an, und mit gröfserer Vertheilung nimmt dieses zu; so z. B. wenn das oxalsaure Salz durch Glühen zerstört wird, hinterbleibt ein schwach gelblich gefärbtes Pulver, ebenso wenn man die Schwefelsäure aus dem schwefelsauren Salze durch starke Glühhitze austreibt. Chlorwasserstoffsäure wirkt auf den sehr fein vertheilten Rückstand nur sehr langsam ein; Schwefelsäure löst ihn auch nur schwierig, indem das in der Hitze so wenig lösliche Salz die vorhandene Erde selbst beim Kochen immer fest einschliefst.

Sollte die Donarerde nur das reinere Thoroxyd seyn, so würde der Orangit die Zusammensetzung $\dot{Th}^3 \dddot{Si} + 2\dot{H}$ haben und sich vom Thorit durch ein fehlendes Atom Wasser unterscheiden. Meinen früher gemachten Angaben zu Folge vermuthe ich jedoch, dafs die Zusammensetzung der Thorerde wie die der Oxyde $\dddot{R}$ ist, und einige neuere Versuche, über welche ich später berichten werde, machen mir diese Annahme gegenwärtig noch wahrscheinlicher.

Ein anderer Grund zur Vermuthung, dafs die Thorerde, so wie sie bisher zu vielen Versuchen benutzt wurde, nur eine Vereinigung mit Kali, analog dem Zirkonerde-Kali, bildete, und dafs die erwähnte rothe Masse das reine Oxyd darstellt, scheint mir in dem Verhalten gegen Kalium zu liegen. Thorerde wird, wie Berzelius mit Bestimmtheit angiebt, nicht durch Kalium reducirt; Donarerde fand ich dagegen reducirbar. Nun habe ich gefunden, dafs die gelbliche Thorerde, so wie sie durch Fällung aus ihren

Auflösungen durch Kali gewonnen wird, ganz so wie Berzelius angiebt, sich nicht durch Kalium zersetzen läfst, und dafs die Erde ohne alle Veränderung nach Entfernung des Kalis wieder zurückbleibt. Wendet man dagegen zu dem Versuche das rothe durch Ammoniak gefällte Oxyd an, so erfolgt die Reduction mit Kalium sogar mit Leichtigkeit und ganz ebenso, wie ich es bei dem Donaroxyde beschrieben habe. Wird das dabei erhaltene schwarze Metallpulver erhitzt, so verbrennt es mit Schnelligkeit und unter bedeutender Lichtentwicklung wieder zum röthlichen Oxyde.

Uebrigens zeigt das durch Kali, sowohl wie durch Ammoniak, dargestellte und feingepulverte Oxyd ein Verglimmen, wenn man Stäubchen desselben in die Flamme der Weingeistlampe streut; dagegen habe ich diese Erscheinung nicht bei dem Oxyde bemerkt, was durch Glühen des oxalsauren oder schwefelsauren Salzes dargestellt war; es entwickelte sich hierbei nur ein starkes Licht, wie es mehrere andere Körper zeigen.

Eine andere merkwürdige Eigenschaft besitzt das rothe Thoroxyd in seinem grofsen specifischen Gewicht. Ich habe dasselbe zu 8,975 gefunden, während Berzelius dasselbe in der weifsen Masse zu 9,402 angiebt. Es ist möglich, dafs diese gröfsere Schwere durch ein anhaltenderes Glühen und vielleicht erst durch einen höhern Hitzgrad erreicht werden kann. Bei meinem Versuche wurde das Oxyd etwa eine halbe Stunde hindurch einer starken Rothglühhitze ausgesetzt. Leider bin ich noch nicht im Stande gewesen mir aus dem Orangite wieder das Oxyd bereiten zu können, um den von mir früher angestellten Wägungsversuch, den ich übrigens nur einmal vorgenommen hatte, zu wiederholen, und zu bestimmen, ob die in dieser Beziehung angegebene grofse Differenz in einem Irrthum ihren Grund habe. Mit dieser Frage bleiben also noch manche andere zu beantworten übrig, die nur mit der vergleichenden Untersuchung des aus dem Thorit, sowie aus dem Orangit dargestellten Oxydes ihre Lösung

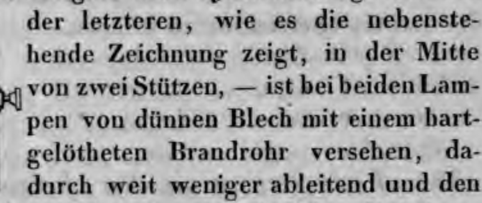
finden können, besonders wenn die Arbeiten nicht mit zu kleinen Mengen der leider so seltenen Mineralien ausgeführt werden. Ich hoffe Ihnen in Kurzem die weiteren Details der Arbeit übersenden zu können.

IX. *Verbesserung an den chemischen Lampen; von W. Batka in Prag.*

Die von mir in diesen Annalen 1838 zuletzt beschriebene Drehlampe hatte ein neues Princip der Bewegung der Dochtschraube zum Grunde; allein der doppelte Cylinder erhitzte sich zeitweilig, wenn lange geglüht wurde, und der Weingeist überstieg sehr oft durch seine Ausdehnung den innern Rand des Dochtcylinders und entzündete sich an dem äufseren, wodurch unnütz Weingeist verschwendet wurde. Ich bin daher zu dem einfachen Cylinder wieder zurückgekehrt und habe bei der letzten Wiener Ausstellung von 1845 meine Lampen durch die Führung des Lampenstegs von aufsen verbessert, indem dadurch das Oxydiren des Stahltriebes durch die sich stets bildende Lampensäure vermieden und eine solidere Führung des Hebel-Steges von aufsen durch den Geigenbogen bezweckt wurde. Auch wurden schon früher die Lampen und das Stativ nach den alten Quinquet-Oellampen modificirt, nämlich der Weingeistbehälter durch seine Mitte an der Stange befestigt und der Argand'sche Cylinder durch eine Röhre, wie bei der Fuchs'schen Lampe, gespeist, wodurch Bequemlichkeit mit Solidität verbunden wurde.

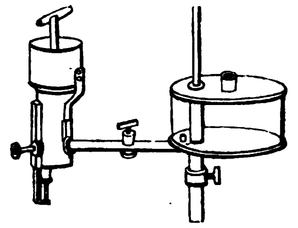
Die neueste Modification bei meinen Lampen besteht nun darin, dafs ich den Hebelsteg und seinen Sack-Behälter ganz entfernt, und blofs einen Geigenbogensteg von Neusilberdraht an den Cylinder der Lampe unmittelbar angebracht habe. Dadurch wurde die Quinquet-Lampe

ungemein vereinfacht und die gewöhnliche Kranz- oder Berzelius-Lampe auf gleiche Weise keinen Explosionen mehr ausgesetzt. Der Argand'sche Cylinder hängt frei bei



der letzteren, wie es die nebenstehende Zeichnung zeigt, in der Mitte von zwei Stützen, — ist bei beiden Lampen von dünnen Blech mit einem hartgelötheten Brandrohr versehen, dadurch weit weniger ableitend und den Weingeist erhitzend, wie bei den gewöhnlichen Hebelsteg oder Sackbehälter, *den ich dadurch ganz beseitige;* die Luft tritt an allen Seiten frei an die Flamme und die Anwendung des Plattner'schen Spinnengebläses bei beiden Lampen ist ohne alle Schwierigkeit.

Wie bekannt habe ich schon viel früher (Buchner's *Repert. Bd. XXV.*) die Fuchs'sche Lampe durch einen Hahn und eine neue Dochtschraube verbessert. Der Hahn bewährte sich dabei ganz gut und es konnte dadurch nicht nur der Zuflufs des Weingeistes regulirt, sondern derselbe auch ganz abgesperrt werden, was bei unterbrochenen Arbeiten, wegen der Verdunstung in dem nicht vollkommen verschlossenen Cylinder, von grofser Sparsamkeit ist. Bei der letzten Ausstellung in London habe ich eine Quinquet-Lampe von Neusilber mit dieser Verbesserung und dem Weingeistbehälter von starkem Glase ausgestellt, die sich des allgemeinen Beifalls erfreute. Die Durchsichtigkeit des Glases gewährt den Vortheil, den Stand des Weingeistes genau zu wissen, und eine dabei angebrachte Scala in Cubik-Centimetern den Verbrauch derselben, bei gewissen Arbeiten oder vergleichenden Versuchen, bestimmt



angeben zu können. Die Lampe ist, statt in der Mitte, mehr seitlich durchbohrt, wie es die nebenstehende Zeichnung angiebt, theils um die Zuflufs-Röhre etwas länger halten, theils um den Hahn bequem fassen zu können.

Schon längst bediene ich mich statt der eisernen Schrauben, wegen des leichten Verrostens, in den Stellknöpfchen meiner Lampen jener von Messingdraht; allein sehr praktisch, und die Auslage von 40 Xr. pro Schraube lohnend, habe ich bei meiner eigenen Lampe Palladiumsilberdraht-Schrauben gefunden, die selbst nach mehrjährigem Gebrauche unverändert und stets fest bleiben.

Die Glühkappen mit Doppelwände habe ich bereits 1838 bei meinen Drehlampen in Anwendung gehabt und zwar wegen der Ableitung der strahlenden Hitze, welcher diese Vorrichtung nicht vollkommen entsprach. Diese Ableitung war inzwischen durch den bedeutenden Luftzug so grofs, dafs sie auf Unkosten des Weingeistes und selbst der Flamme wirkte, weshalb ich davon ebenfalls wieder abging und jetzt die Glühkappen zwar doppelt, aber enger und unten geschlossen (ohne Luftzug) anwende, wodurch die Hitze besser zusammengehalten und die äufsere Wand des Aufsatzes geschont wird.

X. *Rechnungen, das Scintillometer des Hrn. Arago betreffend; von Hrn. Babinet.*

(Compt. rend. T. XXXIII. p. 589.)

Die Theorie, welche Hr. Arago vom Funkeln der Sterne gegeben hat, ist wenigstens ein Viertel-Jahrhundert alt. Indem er dieses, bis dahin unerklärte Phänomen auf Interferenzen zurückführte, vermochte er es theoretisch in seinem ganzen Detail zu verfolgen. Ueberdiefs hat er dasselbe reproducirt in Apparaten von unbegränzter Genauigkeit, die in ihren ferneren Anwendungen Fortschritte der Optik und Astronomie versprechen, wie kein anderes Instrument sie hoffen läfst. Unter anderen Apparaten, die gleichsam zur Messung des Funkelns bestimmt waren, hat er bekanntlich die dunklen Punkte benutzt, die er, vor

und hinter dem Brennpunkt, längs der Axe eines Fernrohrs mit abgeblendetem (*diaphragmé*) Objectiv entdeckte, um das Funkeln der Sterne wahrzunehmen und die Häufigkeit desselben zu bestimmen. Durch Anwendung eines kreisrunden nur eine Oeffnung von wenigen Centimetern gewährenden Diaphragmas, vor dem Objectiv, erhielt Hr. Arago, aufser dem gewöhnlichen Bilde im Brennpunkte des Objectivs, eine Reihe abwechselnd heller und dunkler Punkte, die in gleichen Zwischenräumen diefs- und jenseits des Brennpunktes auf der Axe des Fernrohrs gelegen wären. Diese dunklen und hellen Punkte waren gänzlich verschieden von denen, welche eine kleine kreisrunde, von homogenem Lichte erleuchtete Oeffnung lieferte. Das Diaphragma des Objectives gestattet so viele Centimeterdurchmesser als die kleine Oeffnung Millimeter zuläfst. Der Achromatismus ist im ersten Falle viel mehr erreicht als im zweiten, und endlich hat die Lagerung der dunklen und hellen Punkte im Fernrohr keine Beziehung zu denen der kleinen Oeffnung, wie leicht vorauszusehen, da beim abgeblendeten (*diaphragmée*) Fernrohr die Lage dieser Punkte sich nach ihrem Abstande vom Brennpunkt richtet, welcher in der Axe der freien kreisrunden Oeffnung fehlt. Zur Zeit seiner ersten Veröffentlichungen über diesen Gegenstand forderte Hr. Arago mich auf, für seine Versuche analoge Rechnungen zu machen, wie sie bereits die Theorie der Farben und Intensitäten für kleine Oeffnungen und kleine kreisrunde Scheiben gegeben hatte, und nachdem er mir sogar die anzuwendenden Integrale nachgewiesen, fand ich, dafs die Rechnung bei weitem nicht so verwickelt sey wie man fürchten könnte, vielmehr übersandte ich ihm sehr einfache Formeln. Der Aufsatz ist indefs nicht wieder aufzufinden gewesen; ich habe daher die Rechnungen, auf Hrn. Arago's Aufforderung, wiederholt und lege sie der Academie vor. Sie geben, aber nur für die Axe des Fernrohrs, die Theorie dieser sonderbaren Licht-Maxima und -Minima, die von ihm für die Construction eines Scintillometers so nützlich angewandt wurden.

Berechnung der Lichtmenge in jedem Punkt der Axe, für ein Objectiv, welches so abgeblendet worden, dafs alle Strahlen als im Einklang betrachtet werden können.

Die zum Objective austretenden Strahlen sind so modificirt, dafs sie nun, von irgend einem Zeitpunkt aus, gleiche Wege bis zum Hauptbrennpunkt zurücklegen; diefs ist nicht mehr der Fall bei einem, auf der Axe, um den kleinen Abstand ε vom Brennpunkt entfernten Punkt. Ist f die Brennweite des Objectivs, so wird $f-\varepsilon$ der Abstand dieses Punkts vom Objectiv seyn, und der Gang-Unterschied zwischen dem centralen und dem um x vom Centrum des Objectivs entfernten Strahl ist:

$$\frac{x^2}{2}\left(\frac{1}{f-\varepsilon}-\frac{1}{f}\right)=\frac{x^2}{2}\cdot\frac{\varepsilon}{f^2}$$

wenn man die kleinen Gröfsen zweiter Ordnung vernachläfsigt.

Diefs gesetzt, wird, nach der Interferenztheorie, die Intensität des Lichts in irgend einem Punkt der Axe, der vom Brennpunkt um den kleinen Abstand ε entfernt ist, abhängen von den Integralen der beiden Ausdrücke:

$$2\pi x\,dx\cos 2\pi\frac{x^2\varepsilon}{2\lambda f^2} \quad\text{und}\quad 2\pi x\,dx\sin 2\pi\frac{x^2\varepsilon}{2\lambda f^2}$$

genommen von $x=0$ bis $x=r$, wo r der Durchmesser des kreisrunden Diaphragmas ist, welches das Objectiv abblendet. Um die Intensität des Lichts in dem um ε vom Brennpunkt entfernten Punkt der Axe zu erhalten, mufs man die Summe der Quadrate dieser beiden Integrale nehmen.

Die beiden Integrale sind:

$$\frac{\lambda f^2}{\varepsilon}\sin 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2} \quad\text{und}\quad \frac{\lambda f^2}{\varepsilon}\left(1-\cos 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2}\right).$$

Durch Addition ihrer Quadrate kommt:

$$\frac{2\lambda^2 f^4}{\varepsilon^2}\left(1-\cos 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2}\right).$$

Dieser Ausdruck ist Null für alle Werthe von ε, welche geben:

$$\left.\begin{aligned} 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2} &= \pm 2\pi \\ 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2} &= \pm 4\pi \\ 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2} &= \pm 6\pi \end{aligned}\right\} \text{ oder } \left\{\begin{aligned} r^2\varepsilon &= \pm 2\lambda f^2 \\ r^2\varepsilon &= \pm 4\lambda f^2 \\ r^2\varepsilon &= \pm 6\lambda f^2. \end{aligned}\right.$$

. . . .

Dagegen erreicht der variable Factor $1 - \cos 2\pi \frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2}$ die Zahl 2, seinen Maximum-Werth, wenn man hat

$$\cos 2\pi \frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2} = -1$$

woraus

$$\left.\begin{aligned} 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2} &= \pm \pi \\ 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2} &= \pm 3\pi \\ 2\pi\frac{r^2\varepsilon}{2\lambda f^2} &= \pm 5\pi \end{aligned}\right\} \text{ oder } \left\{\begin{aligned} r^2\varepsilon &= \pm \lambda f^2 \\ r^2\varepsilon &= \pm 3\lambda f^2 \\ r^2\varepsilon &= \pm 5\lambda f^2. \end{aligned}\right.$$

. . . .

und man erhält in diesem Fall für ε Werthe, die genau zwischen den den dunklen Punkten der Axe entsprechenden liegen.

Nachdem der strenge Calcul gemacht ist, wird es gut seyn, ihn durch eine geometrische Construction zu verificiren. Zu dem Ende wollen wir die durch das Diaphragma gehende Welle, beim Austritt aus dem Objectiv, zerlegen in kreisrunde Ringe, deren äufsere und innere Gränzen in Bezug auf den im Abstand ε vom Brennpunkt liegenden Punkt um eine Viertelwelle verschieden sind. Wird das Diaphragma ganz eingenommen von vier, acht oder zwölf dieser Ringe, so findet zwischen ihnen eine vollständige Zerstörung statt, und man erhält auf der Axe im Abstand ε vom Brennpunkt einen schwarzen Punkt. Schreiben wir also, z. B. für den ersten schwarzen Punkt, der Gangunterschied zwischen dem centralen und dem von ihm um r entfernten äufsersten Strahl sey vier Viertel λ oder viel-

mehr λ. Dann wird der besagte Gangunterschied genau ausgedrückt durch

$$\frac{r^2}{2}\left(\frac{1}{f-\varepsilon}-\frac{1}{f}\right) \text{ oder vielmehr } \frac{r^2}{2}\cdot\frac{\varepsilon}{f^2}.$$

Man hat also

$$\frac{r^2}{2}\cdot\frac{\varepsilon}{f^2}=\lambda \text{ d. h. } r^2\varepsilon=2\lambda f^2.$$

wie es aus der Summe der Quadrate der Integrale hervorgeht.

Untersuchung der Aufgabe vom Achromatismus.

Hr. Arago richtete seine Aufmerksamkeit auf die Frage, ob die hellen und dunklen Punkte der Axe gänzlich farblos seyen. Für Licht von mittlerer Intensität, wie das der Sterne, fand er die hellen und dunklen Punkte ziemlich frei von Färbung, besonders den ersten hellen und den ersten dunklen Punkt vom Brennpunkt aus, nach dem Objective hin. Er wagt nicht zu behaupten, dafs dieser Achromatismus noch bestehe, wenn er auf ein von sehr entfernten oder von kleinen Kugeln reflectirtes Sonnenlicht visire.

Untersuchen wir nun den Fall eines Objectives von einem Meter Brennpunkt, dergestalt abgeblendet, dafs im Mittelpunkt eine kreisrunde Oeffnung von 2 Centimeter Durchmesser übrig bleibe. Für die grünen Strahlen, für die $\lambda=0^{mm},00050$, hat man

$$r^2\varepsilon=0,001\,f^2$$

(hier ist $r=10$ Millm., $f=1000$ Millm.). Daraus folgt:

$$100\,\varepsilon=\frac{1}{1000}\cdot 1000^2 \text{ oder } \varepsilon=10 \text{ Millm.}$$

Man müfste also das Ocular um 10 Millm. hineinschieben, um den Punkt zu finden, bei dem diese Strahlen vollständig zerstört würden.

Für die rothen Strahlen, wo $\lambda=0^{mm},00061$, hat man

$$100\,\varepsilon'=\frac{122}{100000}\cdot 1000^2 \text{ oder } \varepsilon'=12^{mm},2.$$

Es giebt also wirklich, auf der Axe, in 10 Millm. Abstand vom Brennpunkt, vorwaltendes Roth durch Auslöschung der grünen Strahlen, und dagegen in 12,2 Abstand vom Brennpunkt vorwaltendes Grün durch vollständige Auslöschung der rothen Strahlen. Die Aufgabe ist also die: zu berechnen, welche Intensität die in jenen beiden Punkten übrigbleibenden Farben besitzen, welche Intensität z. B. das Grün in $12^{mm},2$ Abstand vom Brennpunkt besitze, während es bei 10 Millm. Abstand Null ist. Nimmt man mit Fresnel an, dafs die leuchtendsten Strahlen eine Interferenzlänge von $0^{mm},00055$ besitzen, so müfste man den dunklen Punkt der Axe in den Punkt versetzen, wo eine vollständige Zerstörung dieser Strahlen stattfindet.

Da bei einem nicht achromatischen Objectiv der Brennpunkt der violetten Strahlen näher am Objectiv liegt als der der rothen, so wird offenbar die Oeffnung des abgeblendeten Objectivs desto mehr für die Zahl der Portionen von der violetten Welle verschieden seyn von der was sie für die rothe ist, je mehr der violette Brennpunkt dem Objective näher ist als der rothe. Wollte man also beim Scintillometer den ersten hellen oder den ersten dunklen Punkt auf der Axe, vom Brennpunkt aus, achromatisiren, so müfste man mittelst einer concaven Linse, combinirt mit einem achromatischen Objectiv, den violetten Brennpunkt weiter vom Objectiv fortwerfen als den rothen, so dafs für den Punkt, der vollständig dunkel und achromatisch seyn soll, die Anzahl der in diesem Diaphragma begriffenen Viertelwellen nahezu gleich wäre für zwei oder mehre Farben. Ohne auf die vorstehende Theorie zu grofsen Werth zu legen, mufs ich bemerken, dafs ein optischer Versuch eine ganz besondere Wichtigkeit erlangt, wenn er durch ein genaues Mefsinstrument verificirt wird, (*se traduit par un instrument de recherches ou d'observations*).

Schliefslich noch die Formel, welche die Maxima und Minima für eine sehr kleine kreisrunde, aus unendlicher Ferne durch *homogenes* Licht beleuchtete Oeffnung giebt.

Es sey α der Abstand der dunklen und hellen Punkte vom Objectiv, so hat man

für die dunklen Punkte.	für die hellen Punkte.
$r^2 = 2\lambda\alpha$	$r^2 = \lambda\alpha$
$r^2 = 4\lambda\alpha$	$r^2 = 3\lambda\alpha$
$r^2 = 6\lambda\alpha$	$r^2 = 5\lambda\alpha$
. . . . . .	. . . . . .

und hier ist kein Achromatismus möglich.

Bemerken wir endlich noch, dafs die Lage der dunklen und hellen Punkte in dem Versuch des Hrn. Arago von der Entfernung des Lichtpunktes unabhängig ist und nur zur Brennweite des Objectivs in Beziehung steht, so dafs die Rechnung dieselbe ist für das Funkeln der Sterne und für das an kleinen Kugeln in angemessener Entfernung reflectirte Sonnenlicht. Dagegen mufs im Fall einer kleinen kreisrunden Oeffnung das Glied $\frac{x^2}{2a\lambda}$ (wo a die Entfernung des Lichtpunkts von der kleinen Oeffnung ist) dem Coëfficienten von 2π unter der Sinus- oder Cosinusfunction hinzugefügt werden. Durch ein leichtes Versehen hat Fresnel die Lage der dunklen Punkte auf der Axe der kleinen kreisrunden, durch homogenes Licht von der Interferenzlänge λ erleuchteten Oeffnung zu $r^2 = 2\lambda\alpha$, $r^2 = 4\lambda\alpha$, $r^2 = 8\lambda\alpha$ etc. angegeben, statt wie oben $r^2 = 2\lambda\alpha$, $r^2 = 4\lambda\alpha$, $r^2 = 6\lambda\alpha$ etc.

XI. *Der Meteorstein von Lixna; von Eichwald.*

(Briefliche Mittheilung an Hrn. A. v. Humboldt.)

St. Petersburg d. 12. März 1852.

Am 30. Junius 1820 fiel beim Dorfe Lasdani, unfern Lixna und nicht weit von Dünaburg, ein *Meteorstein*, der schon längst beschrieben ist, während die seinen Fall begleitenden Erscheinungen noch nicht so bekannt geworden sind, als sie es wohl zu seyn verdienten; — ich habe diesen Meteorstein schon in Froriep's Notizen vom Jahr 1827 kurz beschrieben, und will jetzt der nähern Erscheinungen erwähnen, die seinen Fall begleiteten. Ich verdanke diese Bemerkungen dem Grafen Michael von Plater-Syberg, der als Besitzer von Lixna an dem Tage des Falles die nähern Umstände von vielen Augenzeugen erfahren, und sie damals in sein Tagebuch verzeichnet hatte. Die ersten Zeugen dieses Ereignisses, schreibt mir der Graf, waren zwei Männer von wissenschaftlicher Bildung, ein Feldmesser und der Verwalter von Lixna, die beide im Freien beschäftigt, durch ein über ihren Köpfen ertönendes Geräusch, das dem einer Schnarre glich, aufmerksam gemacht, eine mit rosenrothem Feuer glänzende Kugel in der Richtung von SSO nach NNW sich rasch fortbewegen sahen; sie hatte die scheinbare Gröfse des Jupiters nahe am Zenith. Die Beobachter folgten der Kugel mit den Augen so lange, bis sie erlosch. Kaum hatten sie den Erlöschungspunkt bemerkt, so vernahmen sie in weniger als einer Minute einen donnernden Schall, der aus jener Himmelsgegend zu ihnen herabtönte. Kleine sich schlängelnde Wölkchen folgten hinter der Kugel her, gleich einem ihr entweichendem Rauche und verschwanden alsdann in der Luft in geringer Entfernung von ihr.

Der Graf ging nach 16 Stunden dieses Steinfalles von Lixna aus, seiner Spur nach und verhörte auf diesem ganzen Wege bis zum Fallpunkte des Meteorsteins alle Bauern, die ihn in den verschiedenen Stadien seiner Bewegung ge-

sehen hatten; alle diese von ihm befragten Leute, deren Zahl sich auf 50 belief, waren gerade damals mit Feldarbeiten beschäftigt. Das immer lauter werdende Schnarren hatte ihre Aufmerksamkeit auf sich gezogen; die näher von Lixna arbeitenden Bauern überzeugten sich ganz deutlich von der Kugelform des Meteors; die weiter von da beschäftigten beschrieben es von der Gestalt einer fliegenden, am hintern Ende brennenden Strohgarbe, welche immer gröſser werdend, sich endlich in eine graue Kugel von der scheinbaren Gröſse des Vollmondes verwandelte, dann jählings in groſsen Abtheilungen auseinanderfuhr und sich sogleich wieder ergänzte, um endlich in der Gestalt eines von oben auseinandergerollten Stückes Leinewand in der Luft zu zergehen. Dieſs alles endete mit einem lauten Donnern und Krachen, das vielen Kanonenschüssen und einem starken Gewehrfeuer glich. Das unerwartete Getöse bei ganz heiterem Himmel schien den Bauern das Ende der Welt zu verkündigen.

Sechs andere Bauern, die am Ufer des Kotupschen Sees die Wiesen mähten, sahen während dieses Getöses einen schweren Körper in einer Entfernung von ungefähr 100 Faden von da mit starkem Zischen in den See fallen, dessen Wasser bis zu der Höhe eines groſsen Baumes aufsprützte.

Zwei andere Leute, die ein Feld eggten, bemerkten einen ähnlichen Körper in der Nähe von 20 Schritten in die umgeackerte Erde fallen; der Boden unter ihnen erbebte davon so sehr, daſs sie aus Bestürzung auf die Erde fielen. Als der beherztere unter ihnen sich dem gefallenen Steine näherte und ihn berührte, fand er ihn so heiſs, daſs er sich die Hand verbrannte. Noch an zwei andern Stellen fielen ähnliche Trümmer, aber leider der eine in einen Moosmorast und der andere in ein Flüſschen, so daſs sie gar nicht aufzufinden waren.

Der auf dem Felde niedergefallene Stein war von auſsen ganz schwarz, hatte die Form eines Ambosses und eine mit vielen Vertiefungen oder Eindrücken versehene, wie

mit Fingern durchknetete Oberfläche. Er war mit seiner Spitze 1½ Fufs tief in die Erde gedrungen. Einer der Bauern, ein Schmied, zog ihn aus der senkrechten, kegelförmigen Grube hervor und schätzte sein Gewicht auf etwa 40 Pfund. Er trug ihn nach dem vom Fallpunkte etwa 200 Schritt entfernten Kruge, wo er ihn in mehrere Stücke zerschlug.

Die anfänglich gesehene Bewegung des Meteorsteins erschien als in einer nur wenig zur Erde geneigten Richtung und ging bei gröfserer Annäherung zu ihr in eine senkrechte über, wie es einer parabolischen Bahn eigen ist; die letzte Richtung des Falles war an den zwei Orten, wo sie von mehreren durch den donnernden Schall aufmerksam gemachten Leuten deutlich bemerkt ward, ganz senkrecht; diefs ist auch noch durch den Eindruck erwiesen, den der erreichbare Theil des Meteorsteins auf der Oberfläche der Erde gemacht hatte, wo nämlich kein schiefes Eindringen und daher kein Aufwerfen der Erde auf der äufsern Seite, sondern nur eine senkrechte, kegelförmige Vertiefung von 1½ Fufs Tiefe bemerkt ward, die der Gestalt des Steins entsprach und sich allmälig verschmälernd nach unten fortsetzte.

Der Fallort war von Lixna 21 Werst entfernt und die Höhe in der das Meteor platzte, und in der die graue Kugel von den Bauern gesehen ward, bestimmte der Graf Plater-Syberg annäherungsweise auf etwa 3 Werst. In dieser Entfernung konnte der Stein selbst, so lange er noch vollständig war und höchstens 160 Pfund wog, unmöglich gesehen werden; daher die graue dem Vollmonde ähnliche Kugel nur aus Dämpfen bestehen mochte, welche beim Platzen zuerst auseinandergehen und dann sich wieder zusammenziehen mufsten.

Die Fallpunkte der Trümmer befinden sich alle in einem Raume von 1600 Faden Länge und von 1000 Faden Breite.

Das specifische Gewicht beträgt 3,756. Die genaue Ana-

Analyse, die der verstorbene Chemiker Theodor von Grotheus von diesem Aerolithen dem Grafen Plater-Syberg mittheilte, war folgende:

20 Eisen + 2 Nickel	=	22 Nickel-Eisen
6 Eisen + 3,5 Schwefel	=	9,5 Schwefel-Eisen
26		33,2 Kieselerde
		22 Eisenoxydul
		10,8 Bittererde
		1,3 Thonerde
		0,7 Chrommetall
		0,5 Kalkerde mit einer Spur von Mangan.
		100,0.

Der Meteorstein gehört zu den *mineralischen, nicht krystallinischen Aggregatmassen,* die *metallisches Eisen* in grofser Menge enthalten. Er ist von aschgrauer Farbe und sehr feinkörnig; die Körner sind nur durch die Lupe sichtbar, hellgrau, gelblich braun oder schwarz, also von dreierlei Art, ohne die metallischen Körner zu rechnen.

Von den *nicht metallischen Körnern* könnte man die helleren, fast weifsen, für kleine, zugerundete Krystalle von Anorthit oder Labrador, die gelblich braunen für Olivin oder sehr kleine Granatkrystalle halten, und die viel gröfseren und seltneren, schwarzen Krystalle für Augit nehmen; diese letztern sind etwa $\frac{3}{4}$ Linie grofs, und dennoch zehn Mal gröfser als die Krystalle des Olivins und Anorthits. Sie bilden das nicht metallische Gemenge des Meteorsteins, in dem die Augitkrystalle deutlich eingesprengt erscheinen, während die andern kleinern Krystalle seine Hauptmasse ausmachen.

Zu den *metallischen Aggregaten* gehören, aufser sehr kleinen körnigen Krystallen von Magnetkies, dicht gedrängte und stark glänzende Krystalle von Nickeleisen, das in grofser Menge den Meteorstein durchsetzt, aber auch in sehr feinen, dünnen Blättchen vorkommt, die nach allen Richtungen die Steinmasse durchziehen und gleichsam ihr Ske-

lett darstellen. Auf der Bruchfläche des Meteorsteins stellen sich diese den Stein meist senkrecht durchsetzenden Blättchen als kleine Adern dar, die in der Entfernung von 2 bis 3 Linien oft parallel nebeneinander laufen oder sich auch gegenseitig durchkreuzen und auf mannigfache Art mit einander verbinden. Die Blättchen sind an der Oberfläche nicht glatt, sondern stark uneben, und kleine Vertiefungen wechseln mit Erhöhungen ab. Diese blättrige Form des Nickeleisens wird, wie es scheint, nur selten in Meteorsteinen beobachtet; ich sehe sie auch [1]) und zwar viel häufiger in einem ähnlichen Meteorsteine, der im Jahre 1825 in Hanaruru, der Hauptstadt der Sandwich-Inseln, niederfiel, zur Zeit als eine russische Corvette unter dem Capitain Kotzebue dort vor Anker lag; ich selbst besitze ein Stück dieses Steins, das der junge Graf von Hayden, damals Flottenofficier auf dem russischen Schiffe, von dort mitbrachte. Die meisten Meteorsteine enthalten das Nickeleisen in kleinen, metallisch glänzenden Körnern, die ihre ganze Masse durchsetzen, wie z. B. der Meteorstein von Bachmut, der in der aschgrauen Farbe und dem feinkörnigen Gefüge auffallend dem Meteorsteine von Lixna gleicht; doch fehlen ihm die gelblichbraunen Granat- oder Olivinkrystalle, die dagegen im Meteorsteine von Smolensk von 1818 in viel gröſserer Menge bemerkt werden. Diese Aërolithen haben eine sehr matte schwarze Rinde, die gar nicht zu Emaille geschmolzen ist, wie das sonst bei andern Meteorsteinen, wie z. B. bei dem von Bjalistock vom Jahre 1827, der Fall ist.

Der Meteorstein gleicht im Allgemeinen dem Gefüge nach einem Dolerit, indem man Anorthit und Augit, au-

1) Sie sollen am schönsten nach Partsch (Die Meteoriten, Wien 1843 S. 74) im Meteorsteine von Charsonville vom Jahre 1810 vorkommen, doch sind diese schwarzen Adern auch im Meteorstein von Lixna sehr ausgezeichnet und schön, so daſs dadurch das Nickeleisen ganz blättrig erscheint; die Blätter verbinden sich mit einander und dadurch entsteht ungefähr dasselbe schwammig-ästige Gerippe, wie dieſs das Meteoreisen von Krasnojarsk bildet.

ſser Olivin, in sehr feinkörnigem, gleichförmigem Gemenge erkennen kann. Ich besitze in meiner Sammlung ein Stück von 22 Loth und habe davon früher ein Stück an das königliche Mineralien-Cabinet zu Berlin mitgetheilt.

XII. *Tafel über die Spannkraft des Wasserdampfs.*

Diese Tafel ist vor einigen Jahren von Hrn. Regnault in den *Ann. de Chim. et de Phys. Ser. III, T. XIV, p.* 206 veröffentlicht worden, am Schlusse einer Notiz über den Siedpunkt des Wassers in verschiedenen Höhen, die wir schon früher in die Annalen (Bd. 65, S. 360) aufgenommen hatten, und zwar entlehnt aus den *Compt. rend.*, wo die Tafel fehlte. Wir geben sie hier nachträglich, da wir noch kürzlich auf das Bedürfniſs einer solchen zum Behufe des thermo-barometrischen Höhemessens aufmerksam gemacht worden sind.

Siedpunkt C°.	Spannkraft. mm.	Diff.	Siedpunkt. C°.	Spannkraft. mm.	Diff.	Siedpunkt. C°.	Spannkraft. mm.	Diff.
85°,0	433,04		86°,7	462,80	1,80	88°,4	494,24	1,90
1	34,75	1,71	8	64,60	1,80	5	96,15	1,91
2	36,46	1,71	9	66,41	1,81	6	98,06	1,91
3	38,17	1,71	87 ,0	468,22	1,81	7	99,98	1,92
4	39,89	1,72	1	70,04	1,82	8	501,90	1,92
5	41,62	1,73	2	71,87	1,83	9	03,82	1,92
6	43,35	1,73	3	73,70	1,83	89 ,0	505,76	1,94
7	45,09	1,74	4	75,54	1,84	1	07,70	1,94
8	46,84	1,75	5	77,38	1,84	2	09,65	1,95
9	48,59	1,75	6	79,23	1,85	3	11,60	1,95
86 ,0	450,34	1,75	7	81,08	1,85	4	13,56	1,96
1	52,10	1,76	8	82,94	1,86	5	15,53	1,97
2	53,87	1,77	9	84,81	1,87	6	17,50	1,97
3	55,64	1,77	88 ,0	486,69	1,88	7	19,48	1,98
4	57,42	1,78	1	88,57	1,88	8	21,46	1,98
5	59,21	1,79	2	90,45	1,88	9	23,45	1,99
6	61,00	1,79	3	92,34	1,89	90 ,0	525,45	2,00

Siedpunkt C°.	Spannkraft. mm.	Diff.	Siedpunkt C°.	Spannkraft. mm.	Diff.	Siedpunkt C°.	Spannkraft. mm.	Diff.
90°,1	527,45	2,00	93°,8	606,22	2,25	97°,5	694,56	2,52
2	29,46	2,01	9	08,48	2,26	6	97,08	2,52
3	31,48	2,02	94 ,0	610,74	2,26	7	99,61	2,53
4	33,50	2,02	1	13,01	2,27	8	702,15	2,54
5	35,53	2,03	2	15,29	2,28	9	04,70	2,55
6	37,57	2,04	3	17,58	2,29	98 ,0	707,26	2,56
7	39,61	2,04	4	19,87	2,29	1	09,82	2,56
8	41,66	2,05	5	22,17	2,30	2	12,39	2,57
9	43,72	2,06	6	24,48	2,31	3	14,97	2,58
91 ,0	545,78	2,06	7	26,79	2,31	4	17,56	2,59
1	47,85	2,07	8	29,11	2,32	5	20,15	2,59
2	49,92	2,07	9	31,44	2,33	6	22,75	2,60
3	52,00	2,08	95 ,0	633,78	2,34	7	25,35	2,60
4	54,09	2,09	1	36,12	2,34	8	27,96	2,61
5	56,19	2,10	2	38,47	2,35	9	30,58	2,62
6	58,29	2,10	3	40,83	2,36	99 ,0	733,21	2,63
7	60,39	2,10	4	43,19	2,36	1	35,85	2,64
8	62,51	2,12	5	45,57	2,38	2	38,50	2,65
9	64,63	2,12	6	47,95	2,38	3	41,16	2,66
92 ,0	566,76	2,13	7	50,34	2,39	4	43,83	2,67
1	68,89	2,13	8	52,73	2,39	5	46,50	2,67
2	71,03	2,14	9	55,13	2,40	6	49,18	2,68
3	73,18	2,15	96 ,0	657,54	2,41	7	51,87	2,69
4	75,34	2,16	1	59,95	2,41	8	54,57	2,70
5	77,50	2,16	2	62,37	2,42	9	57,28	2,71
6	79,67	2,17	3	64,80	2,43	100 ,0	760,00	2,72
7	81,84	2,17	4	67,24	2,44	1	62,73	2,73
8	84,02	2,18	5	69,69	2,45	2	65,46	2,73
9	86,21	2,19	6	72,14	2,46	3	68,20	2,74
93 ,0	588,41	2,20	7	74,60	2,46	4	71,95	2,75
1	90,61	2,20	8	77,07	2,47	5	73,71	2,76
2	92,82	2,21	9	79,55	2,48	6	76,48	2,77
3	95,04	2,22	97 ,0	682,03	2,48	7	79,26	2,78
4	97,26	2,22	1	84,52	2,49	8	82,04	2,78
5	99,49	2,23	2	87,02	2,50	9	84,83	2,79
6	601,72	2,23	3	89,53	2,51	101 ,0	787,63	2,80
7	03,97	2,25	4	92,04	2,51			

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

5.

c

A

A

a

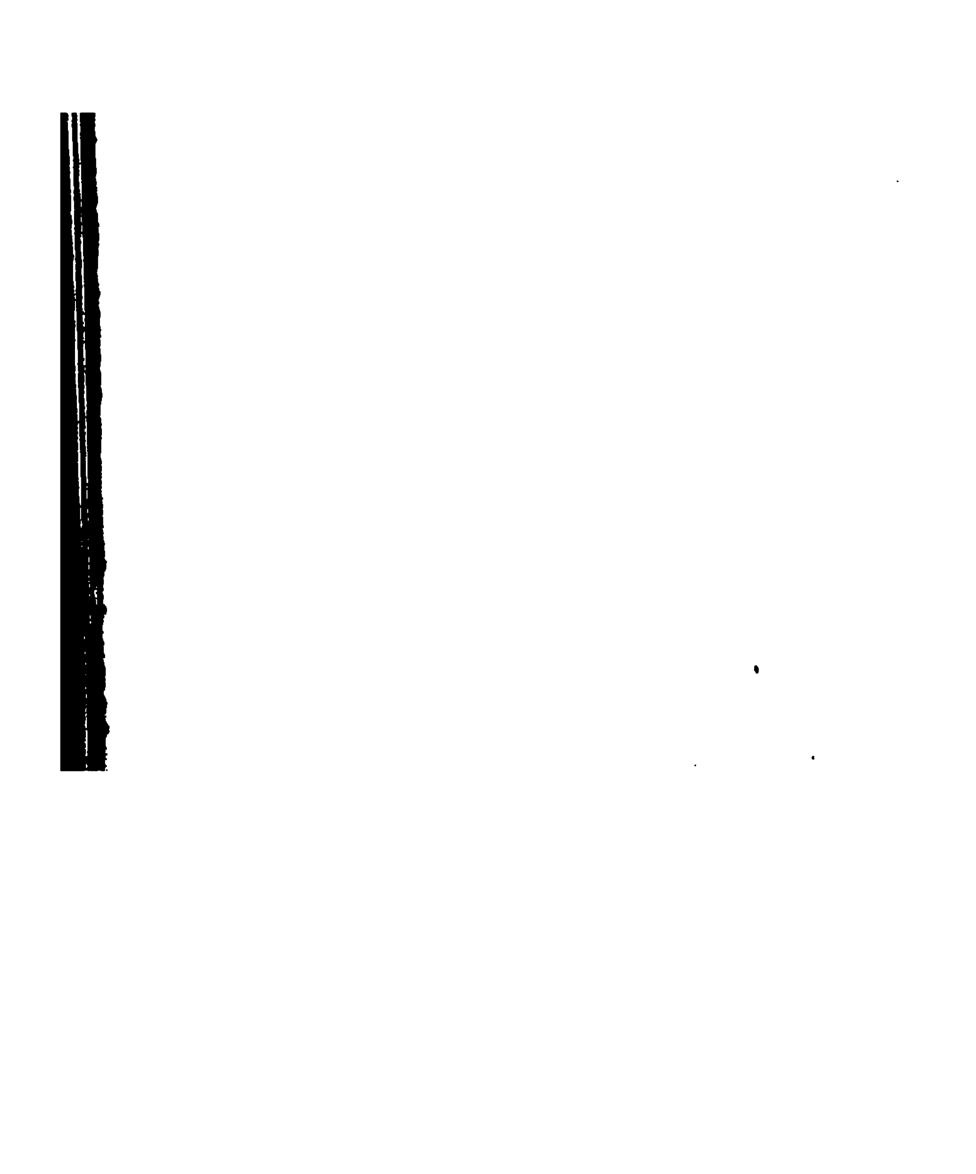
h

f

g

q

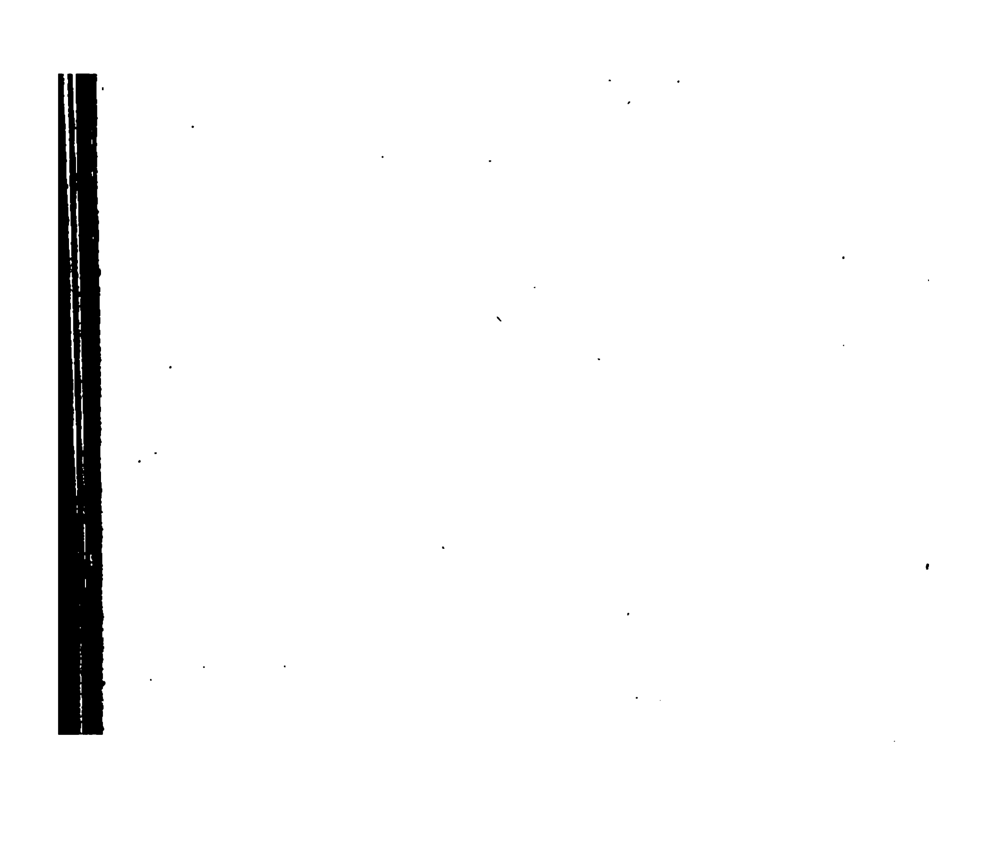
b



4.

c''

1



C

A B

13

V

a

V_1

a_1

b

14.

V

a

V_1

a_1

b

15.

V_1

a

a_1

V

b

21.

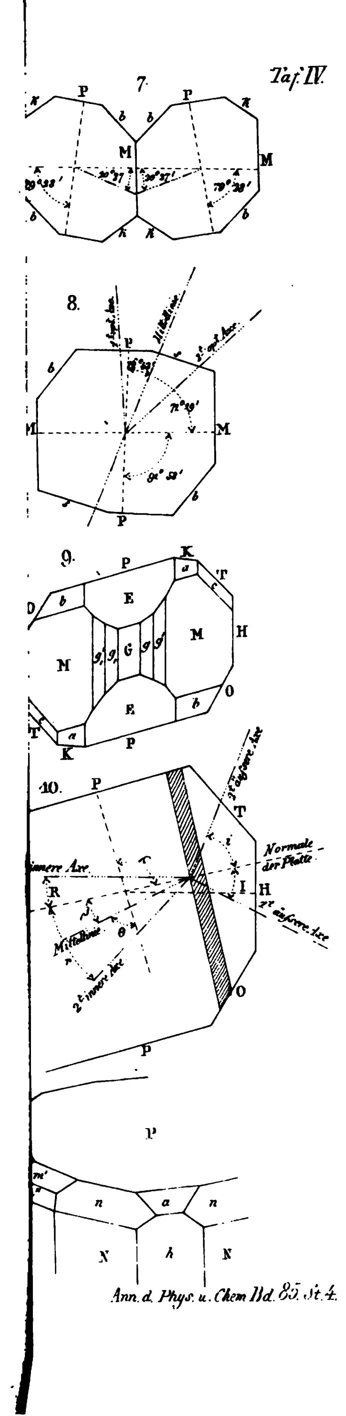
P

a

B

A




Taf. IV.
7.
8.
9.
10.
Normale der Platte
innere Axe
Mittellinie
2te innere Axe
2te äussere Axe
1te äussere Axe

